



TRAITÉ

D'HYDRAUFÉRIE,

OU

L'ART D'ÉLEVER L'EAU

PORTÉ A SA PERFECTION.

TRAITÉ
D'HYDRAUFÉRIE,
OU
L'ART D'ÉLEVER L'EAU
PORTÉ A SA PERFECTION,

APPLIQUÉ AUX PRINCIPAUX USAGES DE LA SOCIÉTÉ, ET PARTICULIÈREMENT A LA CONSTRUCTION DES CANAUX NAVIGABLES.

PAR M. C. L. DUCREST.

A PARIS,
CHEZ FIRMIN DIDOT, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
pour les Mathématiques, la Marine et l'Architecture,
rue de Thionville, nº 10.
1809.

TRAITÉ
D'HYDRAUFÉRIE*,
OU
L'ART D'ÉLEVER L'EAU
PORTÉ A SA PERFECTION.

INTRODUCTION.

PARAGRAPHE PREMIER.

1. De toutes les sciences applicables à l'usage de la société, la plus utile, peut-être, est cette branche de l'HYDRAULIQUE qui enseigne les procédés propres à opérer l'élévation de l'eau au-dessus de son niveau naturel. C'est elle qui procure les moyens de satisfaire abondamment dans les cités un des premiers besoins de l'homme, et d'y corriger, par des courants d'eau artificiels, le méphitisme de l'air qu'occasionne toujours l'entassement

* Mot tiré du grec ὕδωρ, *eau*, et du latin *auferre*, emporter, enlever.

d'une population nombreuse ; c'est elle qui, en asséchant de vastes cantons surchargés d'une eau fétide qui manque d'écoulement, procure la richesse et la santé à une foule de malheureux voués auparavant à la misere et à la mort ; c'est elle qui porte sur des terrains arides et desséchés par un soleil brûlant cette humidité fécondante sans laquelle on ne peut obtenir d'abondantes récoltes ; c'est elle enfin qui, en procurant des moyens très-simples d'alimenter les canaux navigables, simplifie singulièrement leur construction, rend leur exécution facile dans presque toutes les circonstances, même celles où l'eau est la plus rare, et ouvre ainsi par la multiplicité et le bas prix des transports, une des sources les plus abondantes de la prospérité du commerce et de l'agriculture.

Lorsqu'en réfléchissant sur les avantages inappréciables que l'art d'élever l'eau peut procurer dans l'ordre social, on considere en même-temps le haut degré de perfection où les sciences sont parvenues depuis un siecle, on a lieu d'être étonné que la plus utile de toutes ait fait si peu de progrès. Ce n'est pas que l'on manque de moyens pour élever l'eau : le nombre de machines inventées à cet effet est immense, et tous les jours on en invente

de nouvelles : mais lorsque dans la pratique on se trouve dans le cas d'en employer une, l'ignorance des effets précis qu'elles peuvent produire, met dans l'impossibilité de faire un choix raisonné entre elles ; et la détermination que l'on prend à cet égard n'étant le plus souvent que le résultat d'un hasard aveugle, le plus souvent aussi on est loin, lorsque l'on a fait un choix, de remplir d'une maniere satisfaisante l'objet que l'on avait en vue.

Ce n'est pas tout. L'incertitude dans le choix des machines destinées à élever l'eau n'est pas la seule cause qui rende leur usage si rare, malgré la multitude de précieux avantages qu'elles peuvent procurer. On est tout aussi embarrassé sur le choix des agents à employer pour les mouvoir, et l'on a sur-tout lieu d'être effrayé de la grande dépense qu'entraîne leur usage, lorsqu'il doit être continu. En ajoutant cette dépense à celles qu'occasionnent, et la construction premiere des machines, et leur entretien annuel, on n'est le plus souvent que trop fondé à craindre de s'engager dans des entreprises ruineuses, et les opérations les plus utiles ne restent que projetées, au grand détriment de l'intérêt public et particulier.

Mais puisque c'est uniquement l'ignorance où l'on est sur les effets précis des machines et des agents qui empêche la société de retirer de l'hydraulique les avantages incalculables qu'elle devrait lui procurer, comment se fait-il que l'on n'ait point été éclairé à cet égard par cette foule de géometres qui n'ont cessé, depuis un siecle, d'écrire sur cette science? Osons le dire : c'est que le desir de briller et d'obtenir un rang distingué parmi les savants, l'a constamment emporté sur celui d'être utile. La découverte du calcul infinitésimal a ouvert une nouvelle carriere de gloire dans laquelle se précipitent en foule tous ceux que des talents supérieurs appellent à l'étude des sciences exactes. Mais tout homme qui les a un peu méditées est forcé de convenir qu'il n'y en a qu'une, l'Astronomie, qui puisse recevoir un véritable perfectionnement de l'application du calcul intégral, et que cette application est plutôt nuisible qu'utile aux progrès de toutes les autres, du moins sous le rapport des avantages que la société doit en retirer. La géométrie transcendante appliquée, par exemple, à la mécanique, produira-t-elle un seul de ces grands effets qui commandent impérieusement l'admiration par l'impor-

tance de leurs résultats? Est-ce à de savantes formules analytiques qu'on peut attribuer l'invention de ces machines merveilleuses par l'action desquelles Archimede prolongea si long-temps le siége de Syracuse contre toutes les forces romaines? Est-ce à elles que l'on doit la découverte de tant de procédés nouveaux dont Vaucanson a enrichi nos manufactures; ce haut degré de perfection où Watt a porté les machines à feu; cet admirable mécanisme des filatures de coton inventé par un simple barbier de village; cette inconcevable précision dans la mesure du temps obtenue par les travaux d'Harisson et de Berthoud?

Mais c'est peut-être plus encore aux progrès de l'hydraulique qu'à ceux de toutes les autres sciences que l'application de la haute géométrie a été funeste. La nature a couvert les lois fondamentales du mouvement des fluides sous un voile épais, dont les plus grands génies, aidés même de l'expérience, ont à peine soulevé un faible coin. Ils voulaient cependant fonder un corps de théorie, et il fallait pour cela établir des principes fondamentaux : aux vrais principes qu'ils ne pouvaient connaître, ils ont substitué des hypothèses; ils ont mis au jour une foule

de savants ouvrages; mais quelque brillante qu'ait été leur réputation, elle ne sera qu'éphémere. Tous ces beaux édifices n'étaient fondés que sur du sable; un souffle les a renversés; et tandis que d'utiles conceptions nous ont transmis le nom d'Archimede et le transmettront jusqu'à nos derniers neveux, l'inutilité absolue des savantes théories créées par les Bernouilli et les Bouguer, ensevelira peut-être un jour leurs noms comme leurs ouvrages dans un oubli éternel.

C'est une chose vraiment remarquable que plusieurs grands géometres, Euler, Bouguer, d'Ulloa, Borda, et beaucoup d'autres, en dirigeant leurs méditations vers l'étude des différentes branches de l'hydraulique, se soient trouvés à même, soit par les circonstances favorables où le hasard les avait placés, soit par la nature des fonctions des places civiles ou militaires qu'ils occupaient, d'observer la haute importance des applications de l'hydraulique, et que cependant on ne puisse attribuer une seule invention utile à aucun d'eux. On n'en peut trouver qu'une seule raison : c'est que, depuis Platon et Archimede jusqu'à nos jours, on voit que les savants de tous les siecles n'ont attaché de mérite qu'aux vaines spéculations, et qu'ils

ont constamment témoigné un profond mépris pour les conceptions mécaniques, les seules cependant dont la société retire un avantage réel. Certes, ce mépris est souverainement injuste. Archimede doit bien plus son immortalité à sa belle défense de Syracuse et à la machine hydraulique qui a conservé son nom, qu'à la théorie développée dans les ouvrages qui nous restent de lui. Le célebre Smeaton a-t-il montré moins de génie dans l'exécution si hardie du phare d'Edystone, que les plus grands géometres dans le développement de leurs brillantes analyses? Quel est celui d'entre eux qui osât répondre qu'en se trouvant dans les mêmes circonstances que lui, ils auraient vaincu, par d'aussi profondes méditations, les obstacles en apparence insurmontables qu'opposait la nature à l'exécution de ce grand projet? Faut-il une tête moins forte pour saisir, comme Perrier et Bétancourt, par un seul coup-d'œil jeté à la hâte sur les machines les plus compliquées, tous les détails des ressorts les plus secrets qui les font mouvoir, et pour être en état de les exécuter soi-même, que pour suivre le labyrinthe d'un long calcul analytique?

Nous n'avons fait depuis deux siecles de si grands progrès dans ce qu'on appelle les

sciences exactes, que parce qu'elles ne sont fondées que sur des hypotheses, et que n'y considérant que les propriétés de l'étendue abstraite, on écarte à l'entrée même de la carriere des difficultés que l'on sent insurmontables. Mais ce n'est pas par des abstractions qu'on peut réaliser les projets utiles à la société, et particulièrement ceux qui sont du ressort de l'hydraulique : ce n'est point par des abstractions qu'on peut conduire l'eau au sein de nos cités, nous garantir de ses ravages, tirer un parti utile de son impétuosité, l'employer à décorer nos demeures, à fertiliser nos campagnes, à multiplier nos moyens de transport : on ne peut se procurer tant d'utiles résultats que par des opérations qui, pour être purement mécaniques, n'en exigent pas moins tout le développement de nos facultés intellectuelles. N'est-elle donc pas bien injuste cette prééminence accordée aux sciences où l'on ne tient aucun compte des obstacles, sur celles où l'on est obligé de les vaincre? Combien les grands géometres qui siégent dans notre sénat scientifique, n'auraient-ils pas acquis de droits à la reconnaissance publique, si, tout en fondant leurs théories sublimes, ils se fussent occupés de la solution de cette foule de dif-

ficultés que présente l'exécution des projets utiles? En devenant les créateurs de toutes les grandes opérations mécaniques, et en suivant ainsi l'exemple d'Archimede, leur premier maître, n'auraient-ils pas joui d'une gloire plus solide et même plus brillante, qu'en créant ces théories hypothétiques, dont les résultats sont si peu utiles, ou en s'associant en seconde ligne aux travaux de tous ces beaux génies qui ont créé la chimie moderne? A quel degré de perfectionnement n'auraient-ils pas porté, par la sagacité de leur esprit et la force de leurs conceptions, les procédés si variés et souvent si défectueux de cette quantité immense de manufactures, dont un état très-avancé de civilisation rend les produits d'une nécessité indispensable? Quelle vaste carriere sur-tout d'utiles inventions ne leur aurait-elle pas été ouverte dans les nombreuses applications de l'hydraulique à l'usage de la société?

Puissent ces réflexions ouvrir les yeux de nos géometres les plus illustres sur la direction avantageuse qu'ils pourraient donner à leur génie, ou du moins les faire concourir au succès des conceptions mécaniques, lorsqu'elles intéressent essentiellement le bien public, au lieu d'en décourager les auteurs

par des examens qui étant presque toujours superficiels, parce qu'ils sont dédaigneux, ne produisent que trop souvent des jugements injustes! Le vœu que je forme ici est autant relatif au bien public qu'à mon intérêt personnel. Cet ouvrage, s'il est jugé dans l'esprit du jour par les géometres, ne leur paraîtra que celui d'un écolier; mais j'ose élever mes prétentions au-dessus de la stérile gloire d'être regardé comme un savant, j'ai la noble ambition d'être utile. Que le lecteur non initié dans l'étude des sciences exactes, ne soit point effrayé des calculs analytiques qu'il contient; ils sont en bien petit nombre, et ne sont d'ailleurs fondés que sur les principes les plus élémentaires de la mécanique et de la géométrie. Si cependant il se trouve entièrement dépourvu de connaissances en mathématiques, il peut passer le petit nombre d'articles qu'il ne comprendra pas, et il trouvera, quelque soit son rang et sa profession, dans tout ce qui sera à sa portée, le germe d'opérations propres à lui procurer les avantages les plus précieux.

PARAGRAPHE II.

DÉFINITIONS.

II. La science si utile qui enseigne les procédés propres à opérer l'élévation de l'eau, n'a point encore de nom, malgré son importance. Il est cependant essentiel de lui en donner un, afin d'éviter les circonlocutions que je serais souvent forcé, sans cela, d'employer pour être clair. Je nomme donc HYDRAUFÉRIE l'art d'élever l'eau, et HYDRAUFÉRIQUE toute machine ayant l'élévation de l'eau pour objet immédiat de sa construction.

On est convenu d'appeler *pouce d'eau* le produit de quatorze pintes d'eau par minute. La pinte d'eau pese deux livres, poids de marc; ainsi le pouce d'eau équivaut au produit de 28 livres d'eau par minute.

Le pied cube d'eau pese 70 livres et contient par conséquent 35 pintes.

Le pouce d'eau, comme mesure de produit ou de dépense d'eau, se subdivise en 144 lignes d'eau.

Le muid d'eau est une mesure qui contient 8 pieds cubes, et par conséquent 288 pintes.

Il est essentiel de ne pas confondre ce qu'on

appelle, en terme de fontainiers, un pouce d'eau, tel que je viens de le définir, avec le pouce cube d'eau : car un pied cube contenant 1728 pouces cubes, le produit d'un pouce-cube d'eau par minute ne serait que celui de 5 gros à-peu-près, tandis que ce que l'on appelle pouce d'eau (sans y ajouter la qualification de cube) est le produit de 28 livres d'eau. Au reste, pour éviter toute équivoque à cet égard, je préviens que l'expression *pouce d'eau* ne signifiera jamais dans cet ouvrage que le produit de 14 pintes d'eau par minute.

Puisque le pouce d'eau est le produit de 28 livres d'eau en une minute, il est le produit de $\frac{28}{60} = (0, 4\frac{2}{3})$ livre d'eau en une seconde. Mais le pied cube d'eau pese 70 livres : donc le produit d'un pied cube d'eau par seconde est au produit appelé pouce d'eau, comme 70 est à $(0, 4\frac{2}{3})$, ou comme 150 : 1. Ainsi quand le produit d'eau sera exprimé par le nombre de pieds cubes d'eau fournis en une seconde, on le convertira en pouces d'eau, en multipliant par 150. Au contraire, quand il sera exprimé en pouces d'eau, on aura le nombre de pieds cubes d'eau fournis par seconde, en divisant par 150.

Je préviens, une fois pour toutes, que dans

tout le cours de cet ouvrage les efforts et pressions seront toujours exprimés en livres, et que les vîtesses seront représentées par le nombre de pieds parcourus par seconde.

PARAGRAPHE III.

PRINCIPES FONDAMENTAUX.

III. Pour qu'une hydrauférique, quelle qu'elle soit, donne un produit d'eau, il faut qu'elle soit mise en mouvement. Le mouvement ne peut être communiqué que par un *agent.* Il faut donc commencer par bien distinguer dans toute opération hydrauférique quelconque, deux objets très-différents l'un de l'autre. Le premier est le procédé immédiat employé pour l'élévation de l'eau, ce qui constitue l'opération hydrauférique proprement dite; le second est l'emploi de l'agent qui met le procédé en action.

Tout agent mécanique se compose de deux éléments constitutifs, sans l'intime liaison desquels il serait incapable d'agir comme puissance motrice. Il faut absolument qu'il soit capable d'un certain effort ou pression, et qu'il agisse avec une certaine vîtesse. Quelle que soit la nature de l'agent, cette action

peut toujours se rapporter à celle d'élever un poids dans un certain temps à une hauteur déterminée. Or le poids ne sera point enlevé si l'agent employé à cet effet n'est capable que d'une pression sans vîtesse, ou d'une vîtesse sans pression. Quelque faible que soit l'action d'un agent, il peut toujours, ou élever un poids énorme, ou imprimer la vîtesse la plus grande : mais, dans le premier cas, la vîtesse sera d'autant plus petite que le poids sera plus grand; et dans le second cas, ce sera au contraire le poids qui sera d'autant plus petit que la vîtesse sera plus grande. Supposons, par exemple, que la pression de l'agent soit de 10 livres, et la vîtesse avec laquelle il agit, d'un pied par seconde : il pourra enlever un poids de 10 livres égal à sa pression, avec une vîtesse d'un pied par seconde, égale à sa vîtesse propre. Il pourra enlever de même un poids de cent, de mille, de dix mille livres, mais ce ne sera plus qu'avec une vîtesse dix fois, cent fois, mille fois plus petite que la sienne. Il pourra aussi imprimer une vîtesse de dix, de cent, de mille pieds par seconde, mais le poids qui recevra ces vîtesses ne sera que la dixieme, la centieme, la millieme partie du poids de 10 livres qui représente la pression, bien entendu que l'on fait ici ab-

straction du frottement et de toute espece de résistance étrangere à l'action dont il s'agit.

Il résulte de-là (toujours en faisant ladite abstraction) que le produit fait de la pression que peut exercer l'agent, par la vîtesse qu'il est capable d'imprimer, est toujours égal au produit du poids qu'il enleve, par la vîtesse avec laquelle ce poids est enlevé. Si donc on appelle F la pression de l'agent; v, sa vîtesse; P, le poids enlevé; et u, la vîtesse ascensionnelle de ce poids; on a toujours $Fv = Pu$. On voit donc par là que le produit Fv de la pression qu'exerce un agent par la vîtesse qu'il imprime, est toujours la plus juste mesure de l'action qu'il produit; c'est pourquoi j'appellerai toujours ce produit Fv, l'*action de l'agent*.

IV. Quelle que soit la nature d'une hydrauférique mue par un agent dont l'action est Fv, l'effet de cette hydrauférique pour élever l'eau, se rapporte toujours à celui-ci : *Maintenir continuellement dans un mouvement d'ascendance verticale une colonne d'eau ayant une certaine pesanteur* P, *et une certaine vîtesse ascensionnelle* u. Ainsi (art. 3) on a nécessairement $Pu = Fv$.

Cela posé, nommons B la surface de la section horizontale de la colonne d'eau; h, la

hauteur à laquelle l'hydrauférique élevel'eau; et M, le nombre de pieds cubes élevés à chaque seconde.

Comme le pied cube d'eau pese 70 livres, il est évident que $P = 70 . hB$. Ainsi l'équation $Pu = Fv$ devient $70 . hBu = Fv$. Mais il est encore évident que le produit d'eau $M = Bu$. Mettant donc M à la place de Bu dans l'équation $70 . hBu = Fv$, elle devient $70 . hM = Fv$, d'où l'on tire $M = \frac{Fv}{70 . h}$.

Or cette petite équation nous apprend que quelle que soit la construction d'une hydrauférique, du moment qu'elle est mise en mouvement par un agent dont l'action est Fv, le volume $\frac{Fv}{70 . h}$ est le *maximum* de son produit d'eau. En effet, si l'hydrauférique élevait un volume d'eau A plus grand que $\frac{Fv}{70 . h}$, c'est-à-dire, si l'on avait $A > \frac{Fv}{70 . h}$, on aurait $70\, A h > Fv$; mais alors, au lieu de $M = Bu$, on aurait $A = Bu$. Du reste, on aurait toujours $P = 70 . hB$, d'où l'on tire $70 . h = \frac{P}{B}$. Mettant donc dans $70 . Ah > Fv$, pour A, sa valeur Bu; et pour $70 . h$, sa valeur $\frac{P}{B}$, on aurait $Pu > Fv$, ce qui est impossible, puis-

qu'il faut nécessairement (article 3) que $Pu = Fv$.

V. J'AI supposé dans tous ces raisonnements que l'action de l'agent était employée tout entiere à l'objet qu'on avait en vue, celui de l'élévation de l'eau. Or il n'en est point ainsi dans la pratique. Quelque parfaite que soit la construction d'une hydrauférique, elle donne nécessairement lieu à des résistances étrangeres à l'objet de l'élévation de l'eau, et qui devant être vaincues par l'agent, absorbent une partie de son action. Chacune de ces résistances étrangeres peut être ramenée à l'expression du produit d'un poids par une vîtesse; ainsi la somme de toutes ces résistances peut être ramenée à l'expression fu, f représentant un poids et u une vîtesse. Cette quantité fu représente donc la partie de l'action de l'agent, qui est employée à vaincre les résistances étrangeres, et par conséquent il ne lui reste plus que l'action $Fv - fu$ pour opérer l'élévation de l'eau. Ainsi la véritable expression du produit d'eau de telle hydrauférique que ce soit est :

$$\frac{Fv - fu}{70.\ h.}$$

De sorte qu'elle élevera d'autant plus d'eau que fu sera plus petit. Mais comme fu ne

peut jamais être égal à zéro, le produit d'eau est toujours plus petit que $\frac{Fv}{70.h}$.

VI. C'est une loi invariable de la nature que la *cause* est toujours égale à son *effet*, ou *à la somme de tous ses effets*. Si donc un agent appliqué à une hydrauférique ne peut produire l'effet que l'on a en vue, celui d'élever l'eau, sans produire en même-temps des effets étrangers à celui-là, tous ces effets absorberont nécessairement une partie de l'action de l'agent, de sorte que le seul effet qu'on a en vue sera d'autant moindre, c'est-à-dire, qu'on élevera d'autant moins d'eau, que tous les autres effets étrangers à celui-là, produits de même par l'agent, seront plus nombreux ou plus considérables.

Il convient donc, lorsqu'il s'agit de construire une hydrauférique, d'examiner avec soin si, par sa nature même, elle ne peut produire le seul effet qu'on a en vue, celui d'élever l'eau, sans produire en même-temps d'autres effets assez considérables pour absorber une grande partie de l'action de l'agent; car, si cela arrive, sans qu'il soit possible de l'empêcher, l'hydrauférique doit être considérée comme très-défectueuse, puisqu'elle ne donnera qu'une faible partie du produit

d'eau que l'action de l'agent pourrait donner, si elle était employée tout entiere à opérer l'élévation de l'eau. Or, cette considération si importante est entièrement mise de côté par tous les géometres et les praticiens, et c'est cette omission qui est la seule cause de l'état d'imperfection où l'art d'élever l'eau est resté jusqu'à ce jour.

Je suis forcé de convenir que cette omission est en quelque sorte excusable par la difficulté de soumettre au calcul la plupart des résistances étrangeres inhérentes à la construction des hydraufériques. Mais en faisant un si grand nombre d'abstractions dans une matiere où l'exactitude des résultats est si importante, les savants auteurs qui ont publié un si grand nombre d'ouvrages sur l'hydraulique, auraient au moins dû s'assurer si ces abstractions ne devaient pas donner lieu à de graves erreurs, et c'est ce qu'ils n'ont pas fait. Je vais donc démontrer, par l'exemple de l'hydraufériqne le plus en usage, les pompes foulantes et aspirantes, combien l'omission dont je parle ici rend fautifs tous les calculs d'hydrauferiques faits jusqu'à ce jour par les auteurs.

PARAGRAPHE IV.

Les pompes foulantes et aspirantes sont des hydrauferiques extrêmement défectueuses.

VII. Les pompes du pont Notre-Dame, à Paris, mues par deux roues à aubes que fait tourner le courant de la riviere, élevent cent pouces d'eau à la plus grande hauteur de 81 pieds, qui est celle des basses eaux.

Chaque roue a huit aubes qui ont chacune 18 pieds de largeur, 3 pieds de hauteur, et par conséquent 54 pieds quarrés de surface.

Le milieu des aubes, considéré comme centre d'impression, est éloigné de 8 pieds 6 pouces du centre de rotation.

Chaque roue à aubes fait à très-peu-près deux tours par minute; ainsi la vîtesse de leur centre d'impression est de (1,781) pied par seconde.

La vîtesse libre du courant est de 8 pieds 9 pouces par seconde.

Calculons avec ces données l'effort de la roue à aubes.

La vîtesse relative, c'est-à-dire, celle avec laquelle la roue est atteinte par le courant, est égale à (8,75) — (1,78) = (6,97).

L'effort de l'eau sur un pied quarré de surface avec une vîtesse d'un pied par seconde, est, suivant l'expérience faite par Bouguer, de 1 livre 7 onces. Ainsi l'effort sur chaque roue $= 54 \times (1{,}437) \times (6{,}97)^2 = (3769{,}7)$. L'effort sur les deux roues ensemble est donc de 7539 livres.

Faisons d'abord ici une observation importante. Il résulte des expériences de M. Bossut, que cette maniere de calculer l'effort d'une roue à aubes donne un résultat égal à-peu-près à celui de l'expérience, lorsque (ainsi que cela a lieu dans le cas présent) le nombre des aubes est réglé relativement à leur hauteur, de maniere à laisser échapper peu de fluide dans leurs intervalles. Mais les mêmes expériences que je cite ont été faites sur un canal dont la largeur pouvait être considérée comme indéterminée à l'égard de celle des aubes, de sorte que le fluide, après avoir opéré son impulsion, avait la faculté de s'écouler librement à droite et à gauche de la roue. Or il n'en est pas de même des roues du pont Notre-Dame. Les piles de l'arche derriere laquelle elles sont placées, empêchent l'écoulement latéral, de sorte que le fluide obstrué par les deux roues, ne pouvant pas s'écouler latéralement, doit néces-

sairement se surhausser au devant des roues, et occasionner sur elles une pression très-considérable qu'il faudrait ajouter à l'effort de 7539 livres que je viens de déterminer. Il ne faut donc pas perdre de vue qu'en nous en tenant à cet effort, notre estimation est à coup sûr trop faible.

Nous connaissons l'effort des deux roues, qui est de 7539 livres; nous savons que leur centre d'effort tourne avec la vîtesse (1,78); nous connaissons donc bien ici *l'action de l'agent*, qui est le produit de son effort F par la vîtesse v. Nous savons d'ailleurs que l'hydrauférique éleve l'eau à 81 pieds. Reprenons donc notre petite formule $M = \frac{Fv}{70.h}$ (art. 4), et faisons $F = 7,539$; $v = (1,78)$, et $h = 81$. On trouve $M = (2,366)$ pieds cubes d'eau. Voilà donc le volume d'eau que l'agent employé éleverait à la hauteur de 81 pieds, s'il mettait en mouvement une hydrauférique parfaite qui ne donnerait lieu à aucune résistance étrangere. Ce volume équivaut (art. 2) à 355 pouces d'eau; mais les pompes n'en élevent que 100. Donc le produit d'eau effectif est au *maximum* comme 100 est à 355, ou comme 28 est à 100. Donc le déchet est de 72 centiemes; et voilà par conséquent la por-

tion de l'action de l'agent qui est absorbée par les résistances étrangeres.

VIII. La machine établie au Pont-Neuf, sous le nom de *Samaritaine*, éleve 1039 livres, ou (14,84) pieds cubes d'eau par minute à 72 pieds de hauteur. C'est à raison de (0,247) pied cube par seconde.

Il n'y a qu'une seule roue dont la surface des aubes est de 72 pieds.

La vîtesse libre du courant est de 6 pieds 2 pouces par seconde, et celle du centre des aubes est de 2 pieds 7 pouces 6 lignes. La vîtesse relative est donc égale à (3,541) pieds, et l'effort de la roue est égal à $72 \times (1,437) \times (3,541)^2 = 1297$.

Reprenons notre formule $M = \frac{Fv}{70.h.}$ en faisant $F = 1297$; $v = (2,625)$ et $h = 72$. On trouve $M = (0,675)$. Voilà donc le *maximum*. Mais la machine ne fournit que (0,247) : donc le *maximum* est au produit d'eau effectif, comme 675 est à 247, ou comme 100 est à 36. Donc les résistances étrangeres de la Samaritaine absorbent les $\frac{64}{100}$ de l'action de l'agent.

IX. On trouve encore dans Bélidor, qui m'a déja fourni les deux exemples que je viens de citer, la description d'une hydrauférique

exécutée au Val-Saint-Pierre, laquelle, mue par un cheval, éleve 324 pieds cubes d'eau en 4 heures à la hauteur de 150 pieds. Pour parvenir à savoir quelle partie de l'action de l'agent absorbent ici les résistances étrangeres, il faut commencer par établir l'action d'un cheval comme agent.

M. de Prony dit, dans son Architecture hydraulique, tome I, page 547, qu'on estime à 200 livres l'effort d'un cheval agissant avec une vîtesse de 3 pieds et demi par seconde, ce qui donnerait $F = 200$; $v = 3\frac{1}{2}$, et par conséquent $Fv = 700$. Mais j'ai de fortes raisons de croire trop faible cette estimation de *l'action de l'agent.* J'ai vu tirer sur le canal d'Orléans par un seul cheval, et avec 3 pieds seulement de vîtesse par seconde, au lieu de $3\frac{1}{2}$, des bateaux ayant 10 pieds de largeur, 2 pieds $\frac{1}{2}$ d'enfoncement, et qui, à raison de leur forme presque rectangulaire, et de celle du canal très-étroit et peu profond, ne devaient pas éprouver moins de 300 livres de résistance pour être mus avec la vîtesse de 3 pieds par seconde. L'action du cheval est donc ici $300 \times 3 = 900$; sur quoi il faut observer que tous les chevaux de tirage que j'ai vus, sont d'une constitution très-faible. Or il y a tout lieu de croire qu'on n'employait à la machine

du Val-Saint-Pierre (car l'esprit des maisons religieuses était en général de ne rien épargner dans les dépenses de cette nature), qu'on n'employait, dis-je, qu'un cheval vigoureux à un service si utile, puisque l'on n'avait que ce moyen de se procurer toute l'eau nécessaire à la maison et à l'arrosage des potagers. En nous tenant donc à l'estimation de M. de Prony, on doit encore la regarder comme très-faible.

Tout cela posé, nous avons ici $Fv = 700$; et $h = 150$. Donc $\frac{Fv}{70.h.} = (0{,}06\frac{2}{3})$. Mais l'hydraufériqne produisait 324 pieds cubes d'eau en 4 heures, équivalant à $(0{,}022\frac{1}{2})$ par seconde. Le *maximum* est donc au produit effectif comme $66\frac{2}{3}$ est à $22\frac{1}{2}$, ou comme 100 est à $33\frac{3}{4}$. Donc les résistances étrangeres absorbaient les deux tiers, à-peu-près, de l'action de l'agent.

X. La machine a feu de Chaillot, lorsqu'elle marche sans interruption jour et nuit, éleve 50 mille muids ou 400 mille pieds cubes d'eau par jour à la hauteur de 110 pieds; c'est à raison de (4;62) pieds cubes d'eau par seconde.

La levée du piston est de 9 pieds. Elle donne dix coups de piston par minute : le

piston parcourt donc 180 pieds dans une minute, et sa vîtesse est par conséquent de 3 pieds par seconde.

Le diametre du cylindre est de 63 pouces.

Dans cette machine, qui est d'ancienne construction, la force de la vapeur en montant est en équilibre avec le poids de l'atmosphere en descendant. La pression est donc égale à $\frac{11}{14}(63)^2 \times \frac{1}{144} \times 32 \times 70 = 48,500$ liv. On a donc ici $F = 48500$; $v = 3$; et $h = 110$. Donc $M = \frac{Fv}{70.h.} = (18,89)$. Voilà donc le produit d'eau que donnerait la machine à feu, si son action était employée en entier à opérer l'élévation de l'eau; mais elle n'éleve que (4,62) : donc le produit effectif est au *maximum*, comme 462 est à (18,89), ou comme $24\frac{1}{2}$ est à 100. Les résistances étrangeres que la machine à feu de Chaillot a à vaincre, absorbent donc les $\frac{75\frac{1}{2}}{100}$ de l'action de l'agent.

XI. Il résulte de tous ces exemples que les pompes foulantes et aspirantes n'ont pas donné dans les trois premiers cas plus du tiers, et dans le quatrieme plus du quart du *maximum*; et cela sans égard à la trop faible estimation de l'action de l'agent; de sorte que le déchet dans le produit d'eau, quelque con-

sidérable qu'il doive paraître, est encore inférieur, à-coup-sûr, au déchet véritable. Il faut donc qu'il y ait dans cette espece d'hydrauférique plusieurs résistances étrangeres, inhérentes à sa nature, qu'il est par conséquent impossible d'éviter, et qui absorbent une si grande partie de l'action de l'agent destiné à la mouvoir, qu'on doit la regarder, malgré la préférence qu'on lui accorde aujourd'hui, comme une des plus défectueuses machines qu'il soit possible d'employer pour opérer l'élévation de l'eau. Cette conclusion étonnera peut-être tous ceux aux yeux desquels un long et général usage justifie la bonté d'une pratique : mais les gens éclairés et de bonne foi ne peuvent se refuser à la certitude d'une preuve mathématique.

Il fuffit d'ailleurs d'un peu de réflexion pour sentir quelle doit être en effet la funeste influence d'une foule de résistances étrangeres inhérentes à la nature des pompes. Les principales sont la force d'inertie à vaincre à chaque alternative de mouvement; la difficulté du passage de l'eau par le pertuis des sous-papes; la difficulté de son entrance par l'extrémité du tuyau immergé dans le puisard; le frottement de l'eau contre la paroi intérieure du même tuyau, et le frottement du

piston contre cette même paroi intérieure. Ce sont ces quatre résistances étrangeres qu'à peine on a remarquées, et dont on n'a jamais tenu compte, qui occasionnent un si grand déchet dans le produit des pompes, et qui, pour cette raison, les rendent si défectueuses.

XII. On n'aura pas vu, sans quelque surprise, que les pompes de Chaillot, construites par un des plus habiles mécaniciens de l'Europe, et qu'on doit par conséquent croire aussi parfaites qu'elles peuvent l'être, donnent cependant encore moins d'eau que les autres pompes qui m'ont auparavant servi d'exemple. L'explication de ce fait singulier va se trouver dans le développement même de l'imperfection des pompes.

Des quatre résistances étrangeres que j'ai mentionnées, il y en a deux, la résistance d'inertie résultant du mouvement alternatif, et le frottement de l'eau contre la paroi intérieure des tuyaux dans lesquels elle est refoulée, qui sont d'autant plus considérables, qu'on a à élever un plus grand volume d'eau à une plus grande hauteur.

En effet, si l'on multiplie les produits d'eau effectifs de la machine de Chaillot, et de celles du pont Notre-Dame et de la Samaritaine, par leurs hauteurs respectives, on trouve que

les déchets sont d'autant plus considérables, que les effets exigés des pompes sont plus grands.

Bélidor nous apprend qu'on a placé au-devant des roues de la machine du pont Notre-Dame, des vannes qu'on est obligé de tenir en partie baissées, pour diminuer l'action du courant, lorsqu'il passe un certain degré de force. Le produit d'eau est augmenté d'un tiers, à-peu-prés en sus, lorsque les vannes sont entièrement levées; mais alors *la machine risque d'être brisée*. Comme les grosseurs des colonnes d'eau restent les mêmes, il n'y a, lorsque les vannes sont levées, que les vîtesses d'ascension et de descente qui soient augmentées, et elles ne le sont que dans le rapport de trois à quatre. Pourquoi donc cette seule augmentation de vîtesse expose-t-elle la machine à être brisée? Ce ne peut être que par une seule cause, par l'effet de l'augmentation de la résistance d'inertie, car toutes les autres résistances sont les mêmes. Mais toutes les masses mues par le mouvement alternatif, restant aussi les mêmes, l'augmentation de la résistance d'inertie ne peut avoir lieu que dans le rapport de l'augmentation des vîtesses, c'est-à-dire, de trois à quatre. Les vîtesses ascensionnelles ordinaires des

pompes du pont Notre-Dame, ne sont que d'à-peu-près 6 pouces par seconde. Lorsqu'elles sont portées à 8 pouces, toute la machine risque d'être brisée. La résistance d'inertie est donc alors très-grande. Combien ne doit-elle pas l'être davantage, et par conséquent, quelle partie considérable de l'action de l'agent ne doit-elle pas absorber, lorsqu'ayant à élever de très-grands volumes d'eau à de très-grandes hauteurs, on est forcé de se procurer, dans les mouvements alternatifs des vitesses ascensionnelles de 2 ou 3 pieds par seconde ?

Toute l'habileté de M. Perrier n'a pu empêcher que le déchet de sa machine de Chaillot ne soit des *trois quarts*. Il aurait donc eu un déchet plus considérable encore, s'il avait eu à élever le même volume d'eau d'environ 700 pouces, à une hauteur triple ou quadruple. Il est, je crois, actuellement chargé de substituer une machine à feu, à l'ancienne machine de Marly. Il s'agit ici d'élever l'eau à 475 pieds de hauteur. Il ne peut guere donner à son cylindre un plus grand diametre que celui de la machine de Chaillot : donc si les résistances étrangeres étaient les mêmes, le volume d'eau qu'il éleverait serait à celui qu'éleve la machine de Chaillot, comme 475

est à 110. Donc, puisque la machine de Chaillot éleve (4,62) pieds cubes par seconde, celle de Marly n'éleverait qu'un pied cube à-peu-près par seconde, ou 150 pouces d'eau. Mais les observations contenues au présent article, doivent convaincre que le déchet sera, à coup sûr, beaucoup plus considérable encore, et au lieu de 600 pouces d'eau qu'éleverait l'énorme force motrice employée ici, s'il n'y avait pas de résistances étrangeres à vaincre, je ne crains point d'affirmer que la machine à feu placée à Marly, ne produira pas plus de 100 pouces d'eau.

Il faudra cependant, pour obtenir ce produit, que la machine marche sans interruption jour et nuit. Il sera donc nécessaire qu'elle soit double pour qu'elle ne chomme pas dans les temps de réparations. Ces réparations ne s'éleveront pas à moins de 50 mille francs annuellement; la dépense annuelle du combustible (la machine marchant jour et nuit) ne sera pas moindre de 500 mille francs. Voilà donc une dépense annuelle de 550 mille francs, représentant un capital de 11 millions. Si on peut donc à une hydrauférique aussi défectueuse que les pompes, dont le déchet est de cinq sixiemes, en substituer une qui n'ait qu'un déchet d'un dixieme tout au plus,

une machine à feu dont le diametre du cylindre serait deux fois moindre, produirait le même volume d'eau, et la dépense annuelle d'entretien et de consommation de charbon, étant quatre fois moins considérable, l'économie qui en résulterait équivaudrait à celle d'un capital de 8 à 9 millions.

XIII. Mais me dira-t-on, sans doute, si les pompes foulantes et aspirantes sont une hydrauférique aussi défectueuse que vous l'assurez, comment se fait-il que ce soit précisément celle dont on se sert presqu'exclusivement dans toutes les opérations importantes? Je pourrais répondre à cela que ne m'étant pas borné à assurer légèrement que les pompes sont très-défectueuses, mais l'ayant *démontré*, il ne peut plus exister une seule objection contre une preuve qui est en même temps *matérielle* et *mathématique*. Voici cependant ce que je crois devoir ajouter par surabondance.

On se sert de préférence des pompes, parce qu'on a été très-loin, jusqu'à présent, de se douter combien c'est une machine défectueuse; on était très-loin de s'en douter, parce qu'on se reposait avec confiance sur les calculs erronnés de la foule des géometres qui ont écrit sur cette matiere; leurs calculs

sont erronnés, parce qu'ils n'y ont point fait entrer la considération des résistances étrangeres, soit pour n'avoir point réfléchi à leur funeste influence, soit parce qu'entraînés par la manie des équations, ils ont sciemment passé sous silence des résistances qu'ils ne pouvaient y faire entrer comme éléments, faute de données suffisantes pour les évaluer. Or, en mettant ainsi de côté des éléments si essentiels, ils ont présenté des produits d'eau qui, comparés à ceux qu'on devait attendre de l'action des agents, ont paru considérables, tandis qu'ils auraient été trouvés extrêmement faibles, si les géometres avaient eu égard, comme ils le devaient, *à ces énormes résistances étrangeres*.

Mais d'ailleurs, une preuve de *fait* de l'extrême défectuosité des pompes contre laquelle il n'y aurait rien à répliquer, quand même il n'y en aurait pas de mathématique, c'est que les Hollandais, le peuple de l'Europe le plus éclairé en hydraulique, parce que c'est à ses travaux qu'il doit son existence, se gardent bien d'employer les pompes pour préserver leur pays de l'envahissement des eaux. Ils se servent, à cet effet, d'une hydrauférique très-simple et très-ingénieuse, laquelle donne un produit d'eau presque égal au *maxi-*

mum, parce qu'il ne résulte de sa nature qu'une seule résistance étrangere extrêmement faible, de sorte que son produit d'eau est *trois ou quatre fois supérieur à celui des meilleures pompes*.

Cette hydrauférique a cependant l'inconvénient de n'élever l'eau qu'à 4 ou 5 pieds de hauteur, tandis que l'asséchement annuel de quelques-unes des vastes plaines de la Hollande, exige une élévation de 16 à 17 pieds. Ils auraient donc pu, dans ce dernier cas, se servir des pompes, en voyant l'insuffisance des hydrauferiques qu'ils ont adoptées: ils s'en sont bien gardés. Ils ont préféré de quadrupler le nombre de ces dernieres, en élevant l'eau en quatre reprises différentes.

PARAGRAPHE V.

Recherches d'une hydrauférique qui, n'ayant que de très-faibles résistances étrangeres inhérentes à sa nature, donne un produit d'eau très-approchant du maximum.

XIV. Il est donc bien prouvé de quelle importance il est de chercher une hydrauférique qui, entièrement exempte de toutes résistances étrangeres, donne un produit d'eau

très-approchant du *maximum*. Or, les observations et les calculs que nous avons faits sur les pompes, doivent convaincre que l'hydrauférique qu'on cherche ne peut se trouver que dans la classe de celles, 1° où le mouvement est continu, toujours dans le même sens, et non alternatif, afin d'éviter la résistance d'inertie; 2° où il n'y ait point de soupapes, afin d'éviter la résistance que produit l'étranglement de l'eau à son passage par un pertuis resserré; 3° où l'eau n'est point forcée à un mouvement d'ascendance dans des tuyaux étroits, afin d'éviter son frottement contre leurs parois intérieures; 4° où il n'y ait point de pistons, afin d'éviter l'énorme frottement qu'ils occasionnent.

Toutes ces conditions sont de rigueur; car l'exemple des pompes prouve combien est grande l'influence de ces quatre résistances sur le produit d'eau. Or, il est facile à présent de s'assurer qu'il n'y a qu'une seule classe d'hydraufériques où l'on puisse obtenir les conditions imposées: c'est celle connue vulgairement sous le nom de *machines à godets*, lorsque lesdits godets sont attachés à une chaîne sans fin, tournant toujours dans le même sens autour d'une roue supérieure.

Supposons, en effet, que les godets soient

disposés de maniere à ne pas laisser répandre une seule goutte d'eau, ni pendant toute la durée de leur ascension, ni pendant le versement; car voilà presque les seuls vices des machines à godets, et la description de celle que j'ai imaginée prouvera bientôt que je les évite entièrement. En partant de cette supposition (qui bientôt n'en sera plus une) il est facile de prouver que cette hydrauférique donnant un produit *égal au maximum*, atteint tout le degré de perfection qu'il est possible d'obtenir.

En effet, nommons F la pression de l'agent v la vîtesse avec laquelle il agit; h la hauteur à laquelle on éleve; n le nombre de godets; c le volume d'eau que chacun contient; u leur vîtesse ascensionnelle; et M le nombre de pieds cubes d'eau versé à chaque seconde dans la cuvette de distribution.

Le poids de l'eau contenue dans un godet est $70 . c$, et le poids de toute la colonne d'eau, $70 . nc$. On a donc : $70 . nc : F :: v : u$, d'où l'on tire

$$Fv = 70 . ncu \text{ et } nu = \frac{Fv}{70 . c}.$$

L'intervalle entre les godets est $\frac{h}{n}$, et par conséquent le nombre des godets qui passent

à chaque seconde au réservoir pour s'y vider, est égal à $\frac{\frac{u}{h}}{\left(\frac{h}{n}\right)} = \frac{nu}{h}$. On a donc $M = \frac{nu}{h}c$. Mettant donc pour nu sa valeur $\frac{Fv}{70 . c}$, on a $M = \frac{Fv}{70 . h}$, ce qui est précisément (art. 4) le *maximum* du produit d'eau qu'il est possible d'obtenir.

Mais pourquoi la machine à godets (du moins lorsqu'elle est bien construite) atteint-elle cette perfection desirable dont on est si loin aujourd'hui, et qu'on cherche en vain depuis si long-temps? C'est que ne donnant point lieu à cette foule de résistances étrangeres inhérentes à la nature de toutes les autres hydrauferiques, c'est la seule où l'on ait la faculté d'employer l'action tout entiere de l'agent, à l'objet qu'on a en vue, celui de faire équilibre au poids de la colonne d'eau. Or, du moment que *l'action tout entiere* de l'agent est employée au seul objet qu'on a en vue, il ne peut exister aucune autre hydrauférique qui donne un plus grand produit d'eau. Car il est impossible d'augmenter l'action de l'agent; tout ce qu'on peut faire est de n'en rien perdre. Je conviens cependant que la machine à godets donne lieu à quelques

résistances étrangeres qu'il est impossible d'éviter entièrement, mais je prouverai que ces résistances peuvent être diminuées au point d'être considérées comme nulles; si donc en conservant ainsi, à cette espece d'hydrauférique, la propriété précieuse de donner le plus grand produit d'eau qu'il soit possible d'obtenir dans la pratique, je réussis en même-temps à rendre sa construction premiere peu dispendieuse; à réduire à très-peu de chose les dépenses de son entretien annuel; à la rendre capable d'élever à toutes les hauteurs; à ne pas lui faire occuper plus de place que les pompes, de maniere à tirer l'eau comme elles des puits les plus profonds en une seule reprise, et enfin à la rendre susceptible de recevoir son mouvement de toutes les puissances motrices qu'on est dans le cas d'employer, j'aurai évidemment rempli toutes les conditions qui constituent la perfection d'une hydrauférique; et non seulement il faudrait la substituer à toutes celles qui existent aujourd'hui, mais il deviendrait peut-être inutile d'en chercher à l'avenir une autre dont on puisse espérer de plus grands avantages, de sorte que l'art si important d'élever l'eau sera IRRÉVOCABLEMENT FIXÉ A SA PERFECTION.

Or, c'est cette hydrauférique dont l'objet de cet ouvrage est de donner l'explication et de développer les utiles usages auxquels elle peut servir.

S'il est inconstestable que toutes les hydraufériques dont on se sert aujourd'hui, n'élevent qu'un volume d'eau très-inférieur au *maximum*, et que celle que je propose en éleve un qui en approche autant que cela est possible dans la pratique, on ne me refusera pas, j'espere, le droit de lui donner mon nom en l'appellant Ducrétienne. Je m'attends bien cependant qu'on me contestera le mérite de l'invention, en m'alléguant que les machines à godets sont depuis long-temps connues. Oui, sans doute; mais le perfectionnement d'un principe déja existant, n'est-il pas une découverte comme celle d'un principe entièrement inconnu? Refuse-t-on le mérite de l'invention au célevre Watt, pour les différents perfectionnements qu'il a donnés à la machine à feu? Dira-t-on que la belle idée de M. de Bétancourt, de remplacer la dépense d'eau des écluses par son refoulement, n'est point une découverte, parce que les écluses étaient déja inventées? Les hydraufériques à godets étaient connues avant moi, j'en conviens, mais elles étaient très-

vicieuses : je crois les avoir rendues parfaites. La machine que je propose, remplacera à coup sûr toutes les machines actuellement connues : certes, voilà des titres pour être déclaré *inventeur*. Quoi qu'il en soit, passons à la description de ma machine, et attendons du temps la justice qui m'est due.

PARAGRAPHE VI.

Description d'une nouvelle machine à godets appelée Ducrétienne, *élevant un produit d'eau aussi approchant que possible du maximum.*

XV. La figure premiere représente le profil d'une Ducrétienne de grande dimension. La seule inspection de cette figure suffit pour faire voir que la Ducrétienne est en effet, ainsi que je l'ai annoncé, une machine à godets, et pour faire observer en même-temps, combien sa construction est différente de toutes celles qui ont été construites jusqu'à ce jour.

La premiere nouveauté qui ne peut manquer de frapper singulièrement, c'est la construction en bois de la chaîne sans fin que l'on voit (Pl. 1, fig. 1, 2 et 3), composée d'une

double suite de tirants FG, HI, l'une intérieure, l'autre extérieure. Les extrémités F et G des tirants extérieurs correspondent au milieu des tirants intérieurs HI, comme les extrémités de ceux-ci correspondent au milieu des tirants extérieurs FG. Les tirants sont liés entre eux par des boulons *t* et *s*, autour desquels les tirants sont mobiles, et lesdits tirants sont disposés de maniere qu'étant tous inflexibles, ils peuvent néanmoins embrasser tangentiellement la roue JJ par l'engrénage de cinq dents D, avec des oreilles R placées toutes au milieu des tirants extérieurs.

Comme les tirants sont très-courts relativement à leur grosseur, celle-ci a été reglée pour leur procurer en même-temps, et toute la force nécessaire pour résister à l'effort de rupture lorsqu'ils appuyent sur la circonférence de la roue, et toute celle de cohésion dont on a besoin pour résister à la charge des godets et de l'eau qu'ils contiennent, lorsqu'ils forment par leur situation verticale les deux branches ascendante et descendante de l'hydrauférique. Mais il se présente à ce sujet une objection à laquelle il faut commencer par répondre. Comment ferez-vous, me dirat-on, pour empêcher toutes les pieces de bois composant cette chaîne, qui seront alterna-

tivement et sans cesse dans l'eau et hors de l'eau, de se gonfler, se retirer, se fendre, se déjeter, et pourrir? Voici ma réponse : J'emploie pour remédier à tous ces inconvénients, un procédé dont le succès est infaillible, et dont l'idée est néanmoins si simple que je suis très-surpris que personne ne l'ait encore eue jusqu'à présent.

PARAGRAPHE VII.

Moyen de conserver le bois en le rendant imperméable à toute espece d'humidité.

XVI. Le gauchissement et la détérioration du bois n'ont qu'une seule cause, c'est la qualité hygrométrique qu'il possede éminemment, c'est-à-dire, la propriété de mettre toujours l'humidité qu'il contient en équilibre avec celle de l'atmosphere, de maniere que lorsque cette humidité est surabondante, il la rend, et lorsque c'est celle de l'atmosphere, il la repompe. Or, tout le monde sait que l'humidité gonfle le bois dans le sens perpendiculaire à la direction de sa fibre, avec une action si puissante qu'un coin de bois très-sec insinué de force dans la fente d'un rocher, et mouillé ensuite, le fait éclater par

la seule force de dilatation que lui communique l'humidité en le pénétrant.

Or, l'humidité de l'atmosphere étant continuellement variable, il en résulte que le bois rend sans cesse l'humidité surabondante qu'il contient, ou pompe celle qui lui manque. Il éprouve donc sans cesse un mouvement de contractation et de dilatation dans toutes ses parties internes, lequel, pour être insensible à l'œil, n'en est pas moins réel. Mais il n'y a point de mouvement sans frottement et sans chaleur, point de frottement qui n'use, et point de chaleur qui ne produise fermentation et décomposition. Voilà donc une cause toujours agissante de la détérioration du bois, détérioration d'autant plus prompte, que les alternatives de l'humidité et de la sécheresse, sont plus fréquentes et plus marquées. Une preuve sans réplique que c'est le mouvement interne, quoique non visible, de toutes les particules du bois, résultant de l'alternative continuelle de l'humidité et de la sécheresse, qui le détériore, c'est qu'aussitôt que le bois est dans un état constant, ou de sécheresse, ou d'humidité; d'où résulte un repos absolu dans son intérieur, il se conserve intact pendant des siecles entiers. C'est ce qui arrive, par exemple,

à tous les bois qui sont toujours entièrement immergés dans l'eau, et à ceux placés sous les fondations des maisons assises sur des terrains peu solides.

Il est encore une autre cause de détérioration du bois : c'est la piqure des vers, qui, trouvant une nourriture convenable dans son intérieur, s'y multiplient, y grossissent, et brisant tous les liens qui réunissaient les fibres entre elles, décomposent le bois et finissent par le réduire en poussiere.

Or, il est facile de détruire par un seul et même procédé toutes ces causes de la détérioration du bois. Ce procédé consiste à le faire bouillir dans de l'huile sécative pendant le temps nécessaire pour qu'il en soit saturé.

L'huile doit être maintenue à la chaleur constante de 75 à 80 degrés ; car si la chaleur excédait celle de l'eau bouillante, la qualité du bois serait altérée.

Le bois très-humide, et même le bois verd est tout aussi propre à cette opération que ce que l'on appelle le bois sec, parce que la chaleur fait sortir, sous la forme de vapeur, toute l'humidité qu'il contient, et la remplace par une quantité d'huile qui empêche le retour de l'humidité avec laquelle elle ne peut se mélanger.

L'expérience m'a appris que deux heures d'imbibition dans de l'huile, maintenue à la chaleur de l'eau bouillante, suffisent pour rendre *parfaitement imperméable à l'humidité*, une planche de sapin d'un pouce d'épaisseur, et que dans cet état la quantité d'huile qu'elle contient, pese un gros par pouce cube, équivalant à 8 livres par pied cube. Il est évident que le temps de l'imbibition doit être d'autant plus considérable, que les pieces de bois sont plus grosses, ou ont plus de densité. C'est à l'expérience à apprendre quelle doit être la durée de l'imbibition relativement à la grosseur et à la porosité du bois.

Le bois étant rendu imperméable perd entièrement sa propriété hygrométrique, et dès lors il doit invariablement conserver la forme premiere qu'on lui a donnée avant l'imbibition d'huile sécative, sans pouvoir se gauchir, se déjeter, se fendre ou s'altérer d'une maniere quelconque, puisqu'il n'est plus exposé à l'action alternative de l'humidité et de la sécheresse.

Ce n'est pas tout : l'huile étant, comme on le sait, antipathique à tout ce qui a vie, et particulièrement aux vers, et à tout ce qui végete, on ne doit plus craindre que le bois rendu imperméable puisse être piqué par les

vers, ni qu'il puisse s'y attacher aucune de ces plantes parasites et de ces mousses qui sont la derniere cause de sa détérioration.

On voit donc que l'on peut employer le bois comme principale matiere de la construction des Ducrétiennes, pourvu qu'après l'avoir façonné, on le rende inperméable par son immersion dans l'huile sécative maintenue à la chaleur constante de 75 à 80 degrés. Cette seule précaution suffira pour assurer aux Ducrétiennes une durée, pour ainsi dire, éternelle, ou du moins très-supérieure à celle qui résulte de l'emploi des matériaux les plus durables, tels que les métaux, qui s'alterent toujours et quelquefois très-promptement par leur oxidation. En conséquence, je préviens ici une fois pour toutes, que le bois qui composera toutes les pieces des Ducrétiennes, telles que les chaînes sans fin, les roues, les godets, les réservoirs et les tuyaux, sera d'abord façonné et ensuite rendu imperméable avant d'être assemblé pour monter les Ducrétiennes. Je reviens à présent à leur description.

PARAGRAPHE VIII.

Continuation de la description d'une grande Ducrétienne.

XVII. La figure premiere suffit pour donner une idée nette de tout le mécanisme. On voit par la figure 3, qu'il y a deux chaînes sans fin, composées chacune d'une double suite de tirants F G et H I; qu'entre les deux chaînes est placée une suite de godets inclinés BCDETVZ, (*fig.* 1.) invariablement fixés aux tirants intérieurs H I par une entaille faite à mi-bois dans le tirant et dans le godet, entaille dont la figure 1 représente par *a b c d* la superficie et la hauteur, et dont la profondeur est représentée dans la figure 3, par MOPN; que chaque tirant intérieur H I a son godet; que chaque tirant extérieur F G a son oreille R qui engrène avec les dents D de la roue; que l'effet de cet engrénage est d'entretenir le mouvement continu et toujours dans le même sens de la chaîne sans fin et des godets; que la chaîne sans fin, en embrassant la roue J J, ne la touche jamais qu'en quatre points par l'effet du contact tangentiel des tirants; que lorsque

chaque godet arrive au haut de la roue, il verse l'eau qu'il contient, en vertu de son inclinaison, dans un premier réservoir KLMN, entièrement contenu dans l'espace intérieur compris entre les deux chaînes sans fin; et qu'enfin, l'eau versée ainsi dans le réservoir intérieur KLMN, passe dans un réservoir inférieur OPQS, par des tuyaux verticaux XY, dont il n'y en a que deux marqués dans la figure 1, mais qui sont au nombre de six, parce que chacun des tuyaux XY est triple dans le sens de la largeur de la Ducrétienne. Reste à expliquer comment se fait le versement définitif de l'eau.

Le réservoir OPQS sort de l'intérieur de la Ducrétienne par l'ouverture que forment les deux branches de la chaîne sans fin; sur la partie extérieure de ce réservoir qui continue d'avoir la même largeur OS, et dont la saillie est d'environ $3\frac{1}{2}$ pieds, s'élevent six autres tuyaux verticaux qui sont surmontés de la cuvette de distribution dont les dimensions sont égales à celles du réservoir intérieur KLMN, et qui est placée à la même hauteur.

Enfin, il faut concevoir qu'à l'une des deux roues est attaché un cercle vertical de fer à crans contre lesquels pose une *languette*

destinée à empêcher le mouvement rétrograde de la chaîne qui aurait lieu sans cela, lorsque voulant arrêter la Ducrétienne, le poids de l'eau contenue dans les godets les forcerait à descendre. Il résultera de cette disposition que lorsqu'on arrêtera la Ducrétienne, tous les godets de la colonne ascendante resteront pleins, de sorte que lorsqu'on remettra en mouvement la Ducrétienne, l'eau arrivera immédiatement aux réservoirs.

Voilà la description générale : entrons à présent dans quelques détails.

PARAGRAPHE IX.

Construction des roues.

XVIII. Les deux roues J J seront en bois, et construites dans la forme des roues de voiture, mais dans les proportions et avec les changements que je vais indiquer.

Chaque roue devant recevoir l'application tangentielle des deux suites de tirants composant la chaîne sans fin qui doit l'embrasser, il faudra que sa jante ait 9 pouces de largeur. La hauteur de cette jante dans le sens de la figure 1, sera de $4\frac{1}{2}$ pouces. Le diametre est de 5 pieds.

La jante est formée par la superposition les

unes sur les autres de six couches de planches d'un pouce et demi d'épaisseur, formant ensemble l'épaisseur totale de 9 pouces qu'elle doit avoir.

Chaque couche de planches est composée de 6 voussoirs. Les joints des voussoirs de la seconde couche, sont disposés de maniere à ne pas se trouver au-dessus des joints de la premiere; ceux des voussoirs de la troisieme couche à ne pas se trouver au-dessus des joints de la premiere et de la seconde, et ainsi de suite, de maniere qu'il ne se trouve jamais qu'un seul joint dans la section perpendiculaire de la jante.

Il y aura deux plans de rais, chaque plan composé de douze rais. L'intervalle des deux plans de rais sera de 6 pouces; leur grosseur sera de deux pouces au milieu, réduit à 1 pouce aux extrémités. Les rais seront assemblés à queue d'aronde dans le joint des voussoirs auxquels ils correspondront, et seront du reste entaillés comme à l'ordinaire dans le moyeu. J'ai cru inutile de placer ces rais dans la figure 1, qui n'auraient servi qu'à l'embrouiller.

La grosseur du moyeu sera de 15 pouces. Il sera percé dans son milieu, non d'un trou circulaire, mais d'un trou carré de 4

pouces, pour recevoir l'axe A qui doit faire tourner la roue; car ici ce n'est pas, comme dans les voitures, la roue qui tourne autour de l'axe, mais l'axe qui doit faire tourner la roue.

Toutes ces pieces seront en bois de chêne. Lorsqu'elles seront taillées, elles seront rendues imperméables avant d'être assemblées. On aura attention que le moyeu soit d'un bois très-sain, et très-compact; et comme il est très-épais, on prolongera son immersion dans l'huile jusqu'à ce qu'il en soit imbibé d'une quantité pesant un gros par pouce cube, ce qui est en général la quantité que l'expérience m'a appris être nécessaire pour produire une parfaite imperméabilité. Il aura deux fortes frettes de fer à chaque extrémité. Toutes les pieces étant rendues imperméables, après avoir été taillées d'avance, seront ensuite assemblées. Les 9 couches de planches formant la jante, seront fortement serrées les unes contre les autres par le nombre de rivets nécessaires pour qu'il s'en trouve deux de chaque côté de chaque joint des voussoirs qui se trouvera à chaque surface latérale de la jante.

L'axe A sera en fer et aura 5 pouces carrés de grosseur.

Les cinq dents D (*fig.* 1) seront en fer et auront 4 pouces de saillie et deux pouces en carré de grosseur. Comme elles seront extérieures à la jante, elles seront terminées par une queue plate de 4 pouces en carré, et de 6 lignes d'épaisseur, appliquée contre la surface extérieure de la jante à laquelle elle sera fixée par 4 rivets.

PARAGRAPHE X.

Construction des chaînes.

XIX. Les tirants F G et H I auront tous également 3 pieds 4 pouces de longueur.

Les tirants F G auront 4 pouces carrés de grosseur.

Les tirants H I auront également 4 pouces de grosseur dans le sens de la figure 1, mais ils auront 5 pouces dans l'autre sens, afin de n'être point affaiblis par l'entaille d'un pouce qu'ils doivent recevoir pour loger le godet.

Le demi-intervalle des tourillons *t* et *s* compté de milieu en milieu, doit être évidemment égal à la tangente d'un arc de 18 degrés appartenant à un cercle ayant un rayon de 2 pieds 8 pouces égal au rayon de la roue, plus la demi-épaisseur des tirants F G. L'intervalle entier de milieu en milieu entre

deux tourillons *t* et *s* d'un même tirant F G, doit donc être de (1,732) pied = 1 pied 8 pouces 9 $\frac{2}{7}$ lig. Cet intervalle doit être mesuré aussi juste que possible.

L'oreille R sera en fer, et aura deux pouces en carré de grosseur, sur 4 pouces de saillie. Elle sera placée sur le tirant de maniere que la face qui doit être en contact avec la dent D, réponde juste au milieu de l'intervalle qui existe entre les deux tourillons.

Les tourillons *t* et *s* seront en fer et auront 8 lignes de diametre.

L'entaille qui doit être pratiquée dans chaque tirant H I pour loger le godet aura, comme on l'a dit, un pouce de profondeur. Sa forme dépend de celle du godet et est figurée en *abcd* dans la figure 1.

Tous les tirants seront frettés en fer à leurs deux extrémités.

Comme il est essentiel que les deux colonnes ascendante et descendante des godets conservent, autant que possible, leur verticalité, il faut que tous les tirants, ainsi que les godets, aient une pésanteur spécifique un peu supérieure à celle de l'eau, et qui soit par conséquent de 72 à 75 livres le pied cube, afin que la poussée verticale de l'eau dans le puisard, sous les tirants et les godets,

ne tende point à les soulever, et que lesdits godets et la chaîne formant dans le puisard un circuit analogue à celui qu'ils forment sur la roue, ne s'opposent que d'une maniere à-peu-près nulle à la verticalité de la colonne ascendante, résultant de la grande pesanteur de la chaîne, des godets et de l'eau que ceux-ci contiennent. En conséquence tous les tirants seront en bois de chêne, dont la pesanteur spécifique est d'environ 60 livres. Cette pesanteur sera portée à 68 livres par l'imbibition de l'huile siccative. Il faudra donc pour achever de donner la pesanteur convenable aux tirants, régler les largeurs et les épaisseurs des deux frettes de fer, de maniere que la pesanteur spécifique de chacun desdits tirants s'éleve de 72 à 75 livres.

On voit dans la figure 1, que la demi-circonférence supérieure de la roue est embrassée par 2 $\frac{1}{2}$ tirants; on peut supposer que dans le puisard il faudra le même nombre de tirants pour former le contour de la courbe que fera la chaîne. Donc en ajoutant 6 tirants au nombre de ceux qu'exigera la hauteur à laquelle on doit élever l'eau, on aura besoin d'une profondeur d'eau de 6 à 7 pieds, et l'on sera assuré, en se procurant un léger excès de pesanteur spécifique, de la chaîne et des

godets sur celle de l'eau, que les godets sortiront de l'eau dans une situation verticale.

Faisons ici une observation importante. Lorsque le tourillon supérieur *s* (*fig.* 1) de chaque tirant extérieur F G de la colonne ascendante, est au-dessous de l'horizontale *m n* d'une quantité égale au demi-intervalle des tourillons, il ne peut s'élever jusqu'à cette horizontale *m n* sans décrire l'arc de cercle *s x t* qui l'écarte de la verticale d'une quantité $xy = 1\frac{1}{2}$ pouce à-peu-près. Or, l'oreille R' qui doit engréner avec la dent D', s'écarte, en s'élevant, de la même quantité de la verticale, d'où il résulte (comme on peut s'en assurer en en faisant le tracé particulier) qu'à mesure que l'oreille R' et la dent D' se rapprochent, l'oreille s'élève au-dessus de la dent, et par conséquent on ne doit craindre aucune difficulté d'engrénage, lorsque le contact de l'oreille et de la dent s'opérera dans la direction *m n*. Il résulte de là que l'engrénage se fera par un simple contact de l'oreille sur la dent, *sans aucun frottement*, ce qui n'a pas lieu dans l'engrénage des roues dentées ordinaires, ainsi que le prouve la promptitude avec laquelle les dents des roues usent les fuseaux des lanternes. Ce que je dis de l'engrénage au moment où il

commence, s'applique au moment où il finit, et fait voir combien le mode d'engrénage qui résulte de la nouvelle composition de ma chaîne, est préférable à l'engrénage des chaînes en fer les mieux construites.

Le double intervalle des tourillons étant d'environ 42 pouces, on voit encore que dans le mouvement ascensionnel des godets, il y aura à chaque 42 pouces d'ascension des godets, $1\frac{1}{2}$ pouce d'écartement dans la direction verticale de la colonne d'eau. Cet écartement est une espece de mouvement alternatif qui aurait quelques inconvénients s'il était considérable. Mais il est déjà très-peu de chose par lui-même, puisqu'il n'est que d'un pouce et demi; et il suffit, pour en rendre l'effet sensiblement nul, de régler les proportions de la Ducrétienne, de maniere que la vîtesse d'ascension soit très-faible.

C'est en effet ce que je ferai, d'autant mieux qu'il résultera d'une très-grande lenteur dans la vîtesse ascensionnelle, d'autres avantages que nous aurons occasion de développer bientôt.

Je finis cet article par observer que rien n'empêcherait de faire en fer les tirants de la chaîne; et, en leur donnant, aux tirants F G, 16 lignes en carré de grosseur, et aux

tirants HI, 16 lignes sur 20, ils ne seraient pas plus pesants que les tirants en bois.

PARAGRAPHE XI.

Construction des godets, des réservoirs et des tuyaux.

XX. Les figures 1, 2 et 3 indiquent suffisamment la forme des godets. Ils sont composés de planches de chêne. Celles qui composent les deux plans BCDETVZ (*fig.* 1 et 2) que j'appelle *les joues* du godet, ont 3 pouces d'épaisseur en raison de l'entaille d'un pouce qui doit y être faite pour recevoir le tirant intérieur. Mais la face antérieure RS (*fig.* 2), la face postérieure PQ, et le fond SQ, n'ont que 2 pouces d'épaisseur.

Le profil exprimé par la figure 2, fait voir que la face antérieure RS est terminée horizontalement en R; tandis que la face postérieure PQ est terminée obliquement en P, à une plus grande hauteur que le point R, et dans une direction *rs* qui passe par le milieu G de l'horizontale *a b*. Il résulte de là que lorsque le godet sort du puisard, en s'élevant verticalement, il ne reste plein qu'à la hauteur *a b*.

La largeur supérieure *a b* du volume d'eau

contenu dans le godet est de 2 pieds. La largeur inférieure *c d* est de $14\frac{1}{2}$ pouces. La hauteur *a c* est de $16\frac{1}{2}$ pouces : enfin, sa longueur A B (*fig.* 3) est de 5 pieds. D'où il résulte que le godet contient 11 pieds cubes d'eau pesant 770 livres.

J'appelle *dégorgeoir*, le plan supérieur R (*fig.* 2) de la face R S du godet par-dessus lequel s'écoule le *trop-plein* lorsque le godet sort du puisard ; et *déversoir* le plan supérieur P de la face P Q par-dessus lequel s'écoule entièrement l'eau du godet pour le vider par son inclinaison dans le réservoir intérieur.

Le déversoir est recouvert dans toute sa longueur d'une plaque de cuivre très-mince *r s* formant une saillie T *s* que j'appelle *le bec*, dont l'objet est de déterminer l'écoulement parabolique de l'eau en l'empêchant de *baver* autour du godet pendant le versement, et de se répandre ainsi en pure perte en dehors du réservoir.

Il résulte de la forme du godet telle qu'elle est représentée dans nos figures, qu'il y a tout lieu de croire, sur-tout en rendant très-lent son mouvement ascensionnel, que l'eau qu'il contient, en prenant dès sa sortie du puisard le niveau *a b*, y restera tranquille pendant toute la durée de l'ascension, sans

qu'il puisse s'en échapper par-dessus le dégorgeoir R. Car le godet étant inébranlablement maintenu entre les deux chaînes sans fin, ne peut recevoir aucun mouvement particulier de balancement qui tende à agiter l'eau ; et d'un autre côté, le poids de la colonne d'eau ascendante est trop considérable pour qu'elle ne conserve pas parfaitement une constante perpendicularité. Si cependant on concevait quelques inquiétudes à cet égard, la figure 2 indique un moyen bien simple d'y remédier. *af* est une petite planche très-mince ayant 8 pouces de largeur, et pour longueur, toute celle intérieure du godet. Elle est mobile sur deux charnieres dont l'axe de rotation est en *a*. Cette planche est inébranlablement liée par deux branches de fer très-minces H I K à un prisme M O N d'un bois beaucoup plus léger que l'eau. Lorsque le godet est dans le puisard, la poussée verticale de l'eau sous le prisme le souleve et force la planche *af* de rester dans la direction *ab*, à raison des deux appuis A. Mais aussitôt que le godet sort de l'eau, la pesanteur du prisme le fait tomber, et ouvre la planche *af* de l'angle *faf* déterminé par l'appui du prisme contre le godet lorsqu'il est venu dans la situation *mon*. La planche *af*

commence donc par s'ouvrir, et fermer le passage à la sortie de l'eau, aussitôt que le godet sort du puisard, et il ne faut qu'une élévation de 6 à 7 pouces pour que la planche étant ouverte à l'angle *faf*, toute sortie de l'eau, devienne impossible, quelque considérable que pût être son agitation dans le godet. Ce procédé est fort simple; mais, je le répete, je le crois inutile.

Enfin, il y a au fond du godet un trou X, auquel est adapté un double syphon de verre X Y Z U, destiné à opérer la sortie de l'air contenu dans le godet lorsqu'il entre dans le puisard dans une situation renversée. Le diametre intérieur du syphon, pour les grandes et pour les petites Ducrétiennes, ne sera pas moins de 3, ni plus de 4 lignes. Comme le syphon ne peut jamais rencontrer aucun corps dans son passage, et que la vîtesse du mouvement du godet ne sera pas de plus de 6 pouces par seconde, il ne peut exister aucune raison pour que ce syphon, quoique de verre, puisse être cassé.

La position du godet (*fig.* 1) à l'égard du tirant H I avec lequel il est entaillé, est reglée comme il suit : la distance *gp* de l'extrémité du bec à la tangente verticale de la roue, est de 10 pouces; et la distance *gq*

de la même extrémité du bec au niveau *m n* de l'eau dans le godet est de 7 pouces 9 lignes. Ces deux distances sont ainsi reglées afin que le bec du déversoir ne puisse pas accrocher le réservoir K L M N, construit sur les dimensions tracées dans la figure 1.

Ces deux distances *gp* et *gq* doivent être invariables, dans le cas où l'on jugerait à propos de faire varier les dimensions des godets; car si elles étaient plus grandes on serait forcé de rétrécir le réservoir supérieur, et il ne contiendrait pas assez d'eau pour fournir à la dépense du volume d'eau que la Ducrétienne peut fournir, et si elles étaient plus petites, l'entaille *a b c d* serait trop courte, et le godet manquerait de soutien entre les deux tirants entre lesquels il est encastré.

En calculant la position du centre de gravité du volume d'eau contenu dans le godet, on trouve que sa distance au côté *dc* du tirant, (*fig.* 1) est d'un pied à très-peu-près. Voilà donc la quantité dont il faut augmenter le rayon de la roue pour en conclure la vîtesse ascensionnelle des godets; et par conséquent, puisque le rayon de la roue est de 2 $\frac{1}{2}$ pieds, le rayon de vîtesse ascensionnelle doit être compté de 3 $\frac{1}{2}$ pieds.

Voilà tout ce qui concerne la forme et la disposition des godets. Il ne me reste plus à expliquer que leur construction.

Ils seront construits, comme je l'ai dit, en planches de chêne qui seront liées entre elles par des équerres de fer, en se contentant de la superposition des joints, sans se donner la peine inutile d'y placer des *languettes* pour mieux fermer le passage à l'eau. On aura seulement l'attention qu'il n'y ait aucun jour dans les joints.

Les godets seront construits en bois non rendu imperméable avant la construction. Mais une fois construits et solidement assemblés on les fera imbiber dans l'huile siccative à la chaleur de 75 à 80 degrés pendant 6 ou 7 heures. Cette opération insinuera dans tous les joints une quantité d'huile suffisante pour les fermer hermétiquement. En retirant les godets de l'huile, on les essuiera au-dedans et au-dehors pour égaliser la couche d'huile qui s'y trouvera; on les placera ensuite dans une étuve maintenue à la chaleur de 35 à 40 degrés, et on les y laissera jusqu'à parfaite siccité de l'huile, ce qui se reconnaîtra lorsque les surfaces intérieures et extérieures du godet offriront sous l'ongle l'apparence d'une dureté sensible. Alors on appliquera

successivement quatre couches d'huile siccative à l'extérieur et à l'intérieur, en laissant sécher chacune d'elles jusqu'à ce qu'elle soit sensiblement dure sous l'ongle. On aura alors des godets parfaitement imperméables à l'humidité, dont les joints ne laisseront pas transpirer la moindre particule d'eau, et qui garderont ces propriétés et resteront inaltérables pendant une longue suite d'années.

Le bois des godets étant imbibé d'huile et devenant d'une pesanteur spécifique très-près d'être égale à celle de l'eau, les équerres et les rivets suffiront pour leur donner l'excès de pesanteur que nous avons observé plus haut être nécessaire.

Comme la longueur intérieure des godets est de 5 pieds, et que celle des tirants des chaînes n'est que de 3 pieds 4 pouces, on pourra, pour économiser l'huile siccative, remplir les godets, avant de les faire imbiber, d'autant de tirants qu'ils pourront en contenir.

Le réservoir et les tuyaux seront construits de la même maniere que les godets, mais en bois léger tel que le tilleul ou le sapin, au lieu de bois de chêne.

Tous les tuyaux seront carrés, et ils auront intérieurement 8 pouces en carré de gros-

seur, et extérieurement 11 pouces, en les composant de planches d'un pouce et demi d'épaisseur.

Il est sans doute inutile d'observer que le grand réservoir inférieur doit être hermétiquement fermé par-tout, et que tous les tuyaux doivent être parfaitement scellés avec les dessous du réservoir intérieur, et de la cuvette de distribution, et avec le dessus du grand réservoir inférieur, afin que l'eau, après être descendue du réservoir intérieur dans le grand réservoir inférieur, puisse remonter dans la cuvette de distribution.

Le dessous L M (*fig.* 1) du réservoir intérieur est élevé de 7 pouces au-dessus du centre de l'axe de fer A, afin que cet axe qui a 5 pouces carrés de grosseur, ne puisse toucher, pendant sa rotation, le dessous dudit réservoir intérieur.

PARAGRAPHE XII.

Calculs de la Ducrétienne.

XXI. Il est évident, par la disposition du déversoir *rs* (*fig.* 2), que l'eau ne peut commencer à sortir du godet par l'effet de son inclinaison, que lorsqu'il fait avec l'horizontale un angle égal à l'angle *r* G *b* qui est de

21 degrés 48 minutes. Ce n'est donc que sous cette inclinaison que le godet commence à se vider, et comme l'angle T Q q est de 60 degrés, il est encore évident que lorsque le godet s'est incliné de 60 degrés, la face P Q se trouvant horizontale, devient le fond du godet.

Puisque le godet ne commence à se vider que sous l'inclinaison de 21 degrés 48 minutes, il aura 38 degrés 12 minutes à parcourir pour passer de cette inclinaison à celle de 60 degrés. Nous avons vu que le centre de gravité du volume d'eau est éloigné de 3 $\frac{1}{7}$ pieds du centre de rotation de la roue. L'arc de 38 degrés 12 minutes, parcouru par le centre de gravité du godet, aura donc à-peu-près 2 pieds 4 pouces de longueur développée ; ainsi la vîtesse du godet n'étant que de 6 pouces par seconde, il emploiera plus de 4 secondes à passer de la situation où il commence à se vider, à celle où le fond devenant horizontal, rien ne l'empêche plus de se vider tout à fait.

Cela posé venons à la figure premiere et prenons le godet dans la situation $m\,n$ où il commence à s'incliner. Il est évident que l'extrémité g du bec du godet, après avoir parcouru une verticale depuis la sortie du

puisard, parcourra dorénavant l'arc de cercle *gpqrg*, à l'exception cependant de la courbe que lui fera décrire le léger écartement dont nous avons parlé, mais qui n'est ici d'aucune considération. Prenons donc sur cet arc de cercle un arc *gp* de 21 degrés 48 minutes. Lorsque le bec sera arrivé en *p*, le déversoir sera horizontal; ainsi l'écoulement de l'eau en commençant, se fera suivant un arc parabolique *pv*, en vertu duquel il faudra nécessairement que toute l'eau du godet, aussitôt qu'elle commence à s'écouler, tombe dans le réservoir K L M N, sans qu'une seule goutte puisse tomber en dehors. Le bec du godet mettant ensuite plus de 4 secondes à arriver de *p* en *q*, dans laquelle situation le fond du godet se trouvera horizontal, il y a lieu de croire que le bec étant arrivé en *q* le godet sera à-peu-près entièrement vidé. Si cependant il contient encore un peu d'eau, il reste à parcourir au bec un arc *qr* de 53 degrés, dans toute la longueur duquel le bec se trouvant encore au-dessus du réservoir, le peu d'eau qui restera dans le godet ne peut manquer de tomber tout entiere dans le réservoir, puisque le godet, à raison d'une vîtesse de 6 pouces par seconde, employera à-peu-près 7 secondes à passer de *q* en *r*.

Il est donc bien démontré qu'il y a impossibilité absolue qu'il puisse tomber une seule goutte d'eau en dehors du réservoir pendant toute la durée du versement. D'un autre côté, le godet étant invariablement fixé entre les deux chaînes sans fin, ne peut avoir aucun balancement ou aucune oscillation qui lui soit propre, pendant toute la durée de son ascension, et la colonne d'eau ascendante a trop de poids par la pesanteur propre de la chaîne, celle des godets et de toute l'eau qu'ils contiennent, et d'ailleurs un mouvement ascensionnel trop lent, pour qu'aucune cause puisse lui imprimer un mouvement de balancement quelconque qui soit sensible. L'eau conservera donc son niveau dans le godet pendant toute la durée de l'ascension, sans qu'on ait lieu de craindre qu'il s'en perde une seule goutte, et si on le craignait, l'usage du flotteur M O N de la figure 2, achèverait d'ôter toute inquiétude à cet égard. Toute l'eau qui sera enlevée du puisard par le godet arrivera donc en totalité dans le réservoir, et la Ducrétienne, ainsi que je l'ai annoncé plus haut, est entièrement exempte de la seule imperfection inhérente jusqu'à ce jour à la nature des hydrauflériques à godets, celle de perdre l'eau pendant l'ascension et le versement.

Les hydrauferiques à godets actuelles ont un autre inconvénient qui n'est point à craindre dans la Ducrétienne. L'eau s'attache à la sortie du puisard aux godets et aux chaînons et ajoute au poids de l'eau qui doit être versée dans le réservoir le poids inutile d'un volume d'eau qui ne peut que retomber en dehors, et constitue une *résistance étrangere* qui absorbe en pure perte une partie de l'action de la puissance motrice. Cet effet, comme je viens de le dire, n'est point à craindre dans la Ducrétienne. En effet, tous les bois qui composent les godets et la chaîne sans fin étant saturés d'huile siccative, et recouverts de quelques couches extérieures qui rendent toutes leurs surfaces très-lisses, et aucuns corps étrangers, comme mousses et coquillages ne pouvant s'y attacher par le laps de temps, il en résulte que l'eau ne peut y être adhérente, faute d'aspérités pour la retenir, et d'ailleurs la vîtesse ascensionnelle est trop lente pour que l'eau puisse être entraînée à une hauteur sensible par la force de projection que produit le mouvement vertical de bas en haut.

XXII. Une autre résistance inhérente aux hydrauferiques à godets ordinaires, est celle que l'eau du puisard oppose au mouvement

des godets dans ledit puisard. Mais l'extrême lenteur du mouvement de la Ducrétienne rend cette résistance si faible relativement à l'action de la puissance motrice, qu'il faut la regarder comme absolument nulle. En effet, l'on sait par l'expérience de Bouguer que le choc perpendiculaire de l'eau sur un pied carré de surface avec une vîtesse de 6 pouces par seconde, n'est que de 6 onces. La résistance dont nous parlons ici ne peut donc excéder 7 ou 8 livres, et cette force n'est pas la deux-centieme partie de celle nécessaire pour mettre cette hydrauférique en mouvement.

XXIII. Il ne reste donc plus qu'une seule résistance étrangere qui soit inhérente à la nature de la Ducrétienne, c'est le frottement sur les tourillons de l'axe.

Appellons P le poids de la colonne d'eau et doublons ce poids pour tenir compte de la pesanteur des godets, de la chaîne et des deux roues.

La vîtesse moyenne des puissances motrices peut être estimée de 3 pieds par seconde. Donc l'effort de la puissance est 6 P puisque la colonne d'eau ne doit prendre que le sixieme de la vîtesse de l'agent.

La pesanteur totale est 2 P. Le frottement

des grandes masses ne doit pas être estimé à plus du sixieme de la pression. Donc le frottement sur les tourillons est $\frac{1}{3}$ P.

Mais le bras de levier de la colonne d'eau est de 3 $\frac{1}{2}$ pieds ou 42 pouces, et le bras de levier du frottement sur les tourillons n'est que de 2 $\frac{1}{2}$ pouces. Donc le frottement $\frac{1}{3}$ P doit être diminué dans le rapport de 42 à 2 $\frac{1}{2}$ et n'est plus par conséquent que $\frac{1}{50}$ P à-peu-près. Mais l'effort de la puissance motrice est 6 P. Donc le frottement dont nous parlons n'est que la trois-centieme partie de l'effort de l'agent. Donc il doit être considéré comme à-peu-près nul. Voilà cependant la seule résistance étrangere inhérente à la nature de la Ducrétienne. Donc *l'action d'une Ducrétienne ne donne lieu à aucune résistance étrangere assez considérable pour qu'on soit dans le cas d'en tenir compte, et par conséquent le volume d'eau qu'elle éleve est le* maximum *qu'il est possible d'obtenir.*

XXIV. Il est évident, d'un autre côté, que la construction de cette hydrauférique est très-simple; qu'elle peut élever l'eau en une seule reprise à toutes les hauteurs; que son mécanisme ne donne lieu dans aucune de ses parties à aucun autre frottement que celui des tourillons de l'arbre et des engré-

nages à employer pour transmettre l'action de la puissance motrice au mouvement de la colonne d'eau ; que tous les matériaux qui la composent sont inaltérables ; que par conséquent en même-temps que la Ducrétienne peut être appliquée à tous les usages quelconques, sa dépense premiere est peu considérable, son entretien presque nul, sa durée, pour ainsi dire, éternelle : Concluons donc enfin, ainsi que l'annonce le titre de cet ouvrage, QUE L'INVENTION DE LA DUCRÉTIENNE PORTE L'ART D'ÉLEVER L'EAU AU DEGRÉ DE PERFECTION QU'IL EST PEUT-ÊTRE POSSIBLE QU'IL ATTEIGNE.

PARAGRAPHE XIII.

Dimensions à donner à une Ducrétienne destinée à élever l'eau par la force d'un cheval.

XXV. NOMMONS r le rayon de la roue qui est de $2\frac{1}{2}$ pieds; $F\,v$ l'action de la puissance, et h la hauteur à laquelle on éleve l'eau.

La continence d'un godet est de 11 pieds cube $= \overline{0,727}.\ r^3$.

La distance entre deux godets est égale à deux intervalles de tourillons $= \overline{3,464} = \overline{0,721}.\ r$.

La vîtesse ascensionnelle est réglée pour

toutes les Ducrétiennes mues par les puissances dont l'action est constante, à celle dé $\frac{1}{2}$ pied par seconde. Donc le nombre de godets qui passent à chaque seconde par le réservoir pour s'y vider, est égal à $\frac{0,5}{(0,721)\,r} = (0,693)\frac{1}{r}$. Donc le volume d'eau versé par seconde au réservoir, est égal à $(0,693)\frac{1}{r} \times (0,727)\,r^3 = (0,5038)\,r^2$.

Mais la Ducrétiènne éleve le *maximum* qui est (*art.* 4) $\frac{Fv}{70 \cdot h}$. On a donc $\frac{Fv}{70 \cdot h} = (0,5038)\,r^2$, d'où l'on tire

$$Fv = (35266)\,h r^2 \text{ et } r = \sqrt{\frac{Fv}{(35266)\,h}}.$$

Supposons à présent qu'on veuille déterminer les dimensions d'une Ducrétienne mue par un cheval, et destinée à élever l'eau à 60 pieds de hauteur. On a (*art.* 9) $Fv = 750$; et $h = 60$. Donc $r = (0,595) = 7$ pouces 1 $\frac{2}{5}$ ligne.

Cela nous apprend que pour construire cette Ducrétienne il faut la faire entièrement semblable à celle de notre planche, en réduisant toutes les proportions dans le rapport de 2 $\frac{1}{2}$ à (0,595), ou de 1000 à 238.

La roue n'ayant plus ici que 14 pouces

$3\frac{1}{3}$ lignes de diametre, pourra être massive et d'un seul morceau de bois, ce qui rend sa construction extrêmement simple.

Du reste, les tirants au lieu d'avoir 40 pouces de longueur, n'auront plus que 9 pouces $6\frac{1}{4}$ lignes. Leur grosseur sera de $11\frac{1}{2}$ lignes dans un sens, au lieu de 4 pouces, et de $14\frac{1}{4}$ lignes dans l'autre au lieu de 5; la dimension ab des godets (*fig.* 2) = 5 pouces $8\frac{1}{2}$ lignes; la dimension cd = 3 pouces $3\frac{1}{2}$ lignes; la hauteur ac = 3 pouces $8\frac{3}{4}$ lignes; la dimension AB (*fig.* 3) des mêmes godets = 14 pouces $3\frac{1}{3}$ lignes, etc. etc.

On voit combien cette Ducrétienne est simple et peu dispendieuse.

PARAGRAPHE XIV.

Ducrétiennes domestiques pour tirer l'eau des puits, par la force d'un homme.

XXVI. PRENONS pour second exemple une Ducrétienne qu'un homme doive mettre en mouvement.

Tous les praticiens estiment à 30 livres l'effort dont un homme est capable en agissant avec une vîtesse de 3 pieds par seconde. Mais cette estimation suppose un travail de 8 heures par jour. Or, on sait que la durée du travail

est un des éléments qui doit entrer dans l'estimation de la force des hommes et des chevaux. Si l'homme ne doit pas travailler plus d'une heure ou deux sur les vingt-quatre, et qu'il n'agisse que par reprises d'une durée médiocre et égale à celle des repos, alors son effort peut être double et triple, en continuant néanmoins d'agir avec la même vîtesse de 3 pieds par seconde.

Ceci est en effet démontré par l'expérience. On voit dans le recueil des mémoires des Ponts et Chaussées, année 1806, pages 273 et 274, qu'un chapelet vertical dont on s'est servi pour l'épuisement des eaux dans la construction du pont de la Concorde à Paris, étant mis en mouvement par quatre hommes, agissant sans interruption pendant une heure, ont élevé, à 16 $\frac{1}{2}$ pieds de hauteur, 2000 pieds cubes d'eau pendant la durée de cette heure, équivalant à (0,55) pied cube par seconde, en faisant faire 53 révolutions par minute à une manivelle ayant 30 pouces de diametre, et agissant par conséquent avec une vîtesse de (6,94) pieds par seconde.

On voit d'abord que cette vîtesse est plus que double de celle estimée ordinairement par les praticiens. Voyons à présent quel a été leur effet.

Nous avons vu que les pompes le mieux faites ne donnaient pas plus du tiers du *maximum*. Un chapelet bien construit produit sans doute beaucoup plus d'eau, parce que sa construction ne donne pas lieu à d'aussi grandes résistances étrangeres que celles des pompes. Mais comme il y en a encore ici de considérables, on ne doit pas supposer que cette hydrauférique produise plus de trois quarts du *maximum*. Reprenons donc notre formule $M = \frac{Fv}{70 . h}$, en supposant que les résistances étrangeres de cette hydrauférique absorbent le quart seulement de l'action de la puissance motrice. La formule devient $M = \frac{3 . Fv}{4 . 70 . h}$. Or, on a ici $M = 0{,}55$; et $h = 16\frac{1}{2}$. Substituant ces valeurs on trouve $Fv = 847$. Donc *l'effet* produit par chacun des quatre hommes est représenté par $211\frac{3}{4}$. Cet effet est, comme l'on voit, beaucoup plus que le double de celui qu'on estime ordinairement. Aussi faudrait-il l'estimer beaucoup plus bas s'il s'agissait d'évaluer l'action des hommes pendant une durée de 8 heures sur les 24. Mais cet exemple prouve qu'en n'exigeant que deux heures de travail par jour, l'action peut être représentée par 200. Or c'est préci-

sément ce qui a lieu à l'égard du tirage de l'eau du fond d'un puits.

Cela posé, supposons un puits ayant, comme dans l'article précédent, 60 pieds de profondeur, et réduisons l'action de l'homme de 211 $\frac{3}{4}$ à 187 $\frac{1}{2}$. Cette derniere action est le quart de celle du cheval que nous avons représentée par 750. Donc la Ducrétienne de l'article 25 peut servir ici, avec le seul changement à y faire, qu'on emploiera quatre fois moins de godets pour la hauteur de 60 pieds, c'est-à-dire, qu'on en placera qu'un à tous les quatriemes tirants.

Or, en réglant ainsi les dimensions d'une Ducrétienne domestique, pour une premiere profondeur donnée de 60 pieds, il est évident que cette même Ducrétienne peut servir pour toutes les autres profondeurs, en variant les intervalles des godets, de maniere qu'il y en ait d'autant plus, ou d'autant moins, que le puits est plus ou moins profond.

En conséquence, pour une profondeur de 15 pieds, les godets seront placés à tous les tirants; pour une profondeur de 30 pieds, à tous les deuxiemes tirants; pour une profondeur de 45 pieds, à tous les troisiemes tirants, et ainsi de suite; de sorte que pour savoir le nombre de godets que doit suppor-

ter la chaîne, il n'y a qu'à diviser la profondeur du puits (y compris l'excès de hauteur où il faut élever) par le nombre fixe 15; le quotient indiquera le quantieme des tirants qui doivent être munis de godets. Si, par exemple, sa profondeur totale est de 150 pieds, ce nombre étant divisé par 15, donne au quotient 10, ce qui nous apprend qu'il ne doit y avoir un godet qu'à tous les dixiemes tirants, et que l'intervalle qui doit les séparer est de 8 pieds 3 pouces à-peu-près, puisque l'intervalle des godets de notre planche est de (3,464) pieds, et que cet intervalle doit être multiplié ici, d'abord par (0,238), et ensuite par 10.

Nous avons vu que le centre de gravité des godets de la grande Ducrétienne, est éloigné de 3 $\frac{1}{2}$ pieds de l'axe de rotation. Donc cette distance est, pour la Ducrétienne domestique, de $3\frac{1}{2} \times (0,238) = 10$ pouces à-peu-près. Mais la vîtesse ascensionnelle des godets a été fixée à $\frac{1}{2}$ pied par seconde et celle de l'homme à 3 pieds. Celle-ci est donc six fois plus considérable que celle-là. Il résulte de-là un moyen très-simple de transmettre l'action de l'homme à la Ducrétienne.

A l'axe horizontal de la Ducrétienne on adaptera une roue verticale dont la jante sera

traversée horizontalement dans son milieu par des chevilles en bois d'un pouce et demi de diametre, espacées de cinq à six pouces, et ayant une saillie à-peu-près égale. Cette roue faite comme celles qui servent aux carrieres des environs de Paris, aura cinq pieds de rayon, compté du centre des chevilles, et elle sera élevée de maniere que l'homme qui la fera tourner en empoignant les chevilles, ne soit pas dans le cas d'éprouver une trop grande fatigue en élevant trop les bras.

En ne composant cette roue que de bois rendu imperméable, on lui assurera une durée presque éternelle, comme celle de la Ducrétienne. La transmission de la force de l'homme sera ainsi immédiate, sans qu'on soit forcé d'employer aucun engrénage. Il en résultera la machine la plus simple qu'on ait peut-être jamais construite : et une fois établie il est impossible de n'être pas convaincu que ne donnant lieu à aucune espece de frottement, et tout le bois qui y est employé étant rendu imperméable, la durée de cette hydrauférique sera en quelque sorte éternelle, sans exiger néanmoins la dépense de la plus légere réparation. Cependant comme le fer est un métal qui s'oxide facilement, je conseille de faire en bronze tous les tourillons de la chaîne

sans fin. Peut-être même serait-il préférable de les faire en fer fortement argenté. Je ne pense pas que construits de cette maniere en manufacture, il en résultât une grande augmentation de dépense premiere, et d'ailleurs on en serait bien dédommagé par la certitude que l'on acquerrait alors de n'avoir pas à supporter pendant une longue suite d'années la dépense de la plus légere réparation.

La profondeur moyenne des puits de Paris peut être estimée à 30 pieds ; et la continence d'un seau d'eau, à un tiers d'un pied cube, faisant environ 12 pintes.

Le calcul nous a appris que la Ducrétienne élevera à très-peu-près le *maximum* $\frac{Fv}{70 . h}$ du volume d'eau. Nous avons estimé $Fv = 187\frac{1}{2}$. Nous venons de faire $h = 30$. Le produit d'eau de la Ducrétienne domestique est donc égal à $\frac{187\frac{1}{2}}{70 \times 30} = (0{,}0892)$ pieds cubes; ce qui équivaut à (5,352) pieds cubes ou 16 seaux d'eau par minute. C'est au moins le triple de ce qu'un homme pourrait élever à bras par une corde correspondant à une poulie.

PARAGRAPHE XV.

Des Ducrétiennes mues par la force de la vapeur de l'eau bouillante.

XXVII. Le projet actuel du gouvernement est de remplacer l'ancienne machine de Marly par une pompe à feu. Si ce projet reçoit son exécution, personne n'a plus de titres, sans doute, pour être chargé de cette grande entreprise que M. Perrier, qui exécute les pompes à feu avec une telle perfection, qu'il peut en quelque sorte en être regardé comme le créateur en France. Je prie donc ce grand mécanicien, aux talents duquel personne ne rend plus de justice que moi, de ne considérer dans les observations que je vais faire, aucune vue d'intérêt personnel pour éloigner de l'entreprise le seul homme capable de la faire réussir. Ce n'est point la machine à feu que j'ai à critiquer, mais l'hydrauférique qu'elle doit mettre en mouvement. Si l'on se détermine à une pompe foulante et aspirante, et que l'élévation de l'eau se fasse en une seule reprise, je ne crains point d'assurer d'avance très-affirmativement, M. Perrier, qu'à raison des énormes résistances de cette hydrauférique, lorsqu'il s'agit

d'élever un grand volume d'eau à une si grande hauteur que celle de 475 pieds, sa machine à feu n'élevera pas plus du cinquieme ou du sixieme du *maximum*. Quelle raison pourrait donc le déterminer à employer les pompes foulantes et aspirantes de préférence à une Ducrétienne qui, donnant à très-peu-près le *maximum*, élevera cinq ou six fois plus d'eau ?

Mais au lieu d'élever l'eau en une seule reprise par une machine à feu de 63 pouces de diametre, on évitera la dépense du creusement d'un immense puits de 500 pieds de profondeur, et d'une longue galerie souterraine, en élevant l'eau en vingt-cinq reprises différentes par vingt-cinq machines à feu d'un diametre cinq fois plus petit, et dont la consommation totale du charbon sera la même que celle d'une seule machine d'un diametre cinq fois plus grand.

Chaque machine dont le diametre sera de 12 $\frac{3}{5}$ pouces, n'aura alors à élever qu'à 19 pieds de hauteur; ajoutons-y 2 pieds afin de se procurer la charge suffisante pour refouler l'eau dans une conduite forcée, d'une machine à l'autre, ce sera 21 pieds de hauteur.

L'effet de la machine de Chaillot est représenté par 4850 × 3 = 14550. Comme

dans cette limite des diametres les effets des machines sont comme les carrés des diametres, l'effet de chaque petite machine de $12\frac{2}{3}$ pouces sera 5820. Reprenons donc notre petite formule $M = \frac{Fv}{70.h.}$ (*art.* 4), en faisant $Fv = 5820$ et $h = 21$, on trouve $M = (3,959)$; retranchant un douzieme de ce produit pour tenir compte du peu de résistance propre à la Ducrétienne, on trouve que 25 Ducrétiennes ainsi mises en mouvement par 25 machines à feu, porteront 543 pouces d'eau à l'aqueduc, tandis, encore une fois, que des pompes foulantes et aspirantes n'y porteront pas, à coup-sûr, plus de 100 pouces d'eau.

Lorsque le cylindre de la machine à vapeur a $12\frac{2}{3}$ pouces de diametre, son effet, comme nous venons de le voir, est représenté par 5820. La hauteur à laquelle éleve chacune des 25 machines que je propose d'employer à Marly, au lieu d'une seule, est de 21 pieds. Reprenons donc notre formule $r = \sqrt{\frac{Fv}{35266.h.}}$ de l'article 25, en faisant $Fv = 5820$, et $h = 21$, on trouve $r = 7,858$.

Cela nous apprend qu'il faudrait que le rayon de la roue fût de 7 pieds 10 pouces

3 $\frac{1}{2}$ lignes. Mais une proportion aussi forte donnerait lieu à de grandes difficultés dans l'exécution. Voici donc ce qu'il y a à faire. Réduisons le rayon à moitié, c'est-à-dire, faisons le rayon de la roue de 3 pieds 11 pouces 1 $\frac{3}{4}$ ligne, et comme alors chaque Ducrétienne produira 4 fois moins d'eau, plaçons en 4 sur l'axe au lieu d'une seule. Alors toutes les dimensions de chacune de ces 4 Ducrétiennes seront réglées en augmentant toutes celles de la Ducrétienne dessinée dans notre planche, dans le rapport de 2 $\frac{1}{2}$ à (3,929) ou de 100 à (157,16). En conséquence, il n'y aura qu'à multiplier toutes les proportions de la Ducrétienne de notre planche par le nombre constant (1,57).

Je viens d'exposer ici le moyen de fournir à Versailles, l'eau qui lui est nécessaire, en la tirant de la riviere de Seine prise à Marly. J'indiquerai, en traitant des canaux navigables, un autre moyen de lui procurer un volume d'eau beaucoup plus abondant, combiné avec l'exécution d'un canal d'une grande utilité.

6.

PARAGRAPHE XVI.

Moyen nouveau d'employer l'action du vent pour mettre en mouvement les Ducrétiennes.

XXVIII. La figure 4 représente le plan et la figure 5 l'élévation d'un nouveau moulin à vent s'orientant toujours de lui-même sans qu'on y touche, ainsi qu'il est facile de s'en assurer presque à la seule inspection de la figure 4 à laquelle nous allons en conséquence nous arrêter un moment.

Le vent souffle dans la direction VZ de V en Z.

Le moulin a quatre ailes verticales AB, disposées à angles droits. Chacune de ces ailes est mobile sur deux pivots P (l'un en haut et l'autre en bas) dirigés dans une même ligne verticale et placés de maniere que la partie AP de l'aile est plus grande que la partie BP, dans le rapport de 3 à 2. Le grand côté AP est retenu par un arrêt C placé en avant et disposé de la même maniere à l'égard des quatre ailes. Voici à présent ce qui résulte de ces dispositions.

Le vent soufflant de V en Z, toutes les ailes restent exposées à son action tant qu'elles se

trouvent dans le plan du demi-cercle à la droite de la direction BB″, tandis qu'elles se mettent en girouette aussitôt qu'elles arrivent dans le plan à gauche de la même direction.

En effet, la premiere aile AB, lorsque la roue tourne de droite à gauche par l'action du vent, ayant son grand côté AP appuyé sur l'arrêt C, reste dirigée vers le centre O pendant la demi-révolution de la roue, jusqu'à ce qu'elle arrive dans la troisieme situation A″B″. Or, une fois qu'elle est arrivée dans cette troisieme situation, l'arrêt C″ qui jusque là s'est trouvé derriere l'aile se trouve actuellement devant. Donc aussitôt que l'aile a quitté la direction BB″ pour passer à la direction infiniment voisine *mb*, l'impulsion du vent sur le grand côté *ap* l'emportant sur l'impulsion du vent sur le petit côté *bp*, et ce grand côté *ap* n'étant plus retenu par son arrêt, il faut nécessairement que l'aile *ab* tourne sur son pivot *p* de maniere que l'extrémité *a* parcourant l'arc de cercle *axya′*, elle prenne une situation *b′a′* parallele à la situation du vent, direction qu'elle conserve pendant tout le temps qu'elle se trouve dans le plan à gauche de la direction BB″. Mais aussitôt qu'elle est revenue à la premiere situation AB dont elle était partie, son ar-

rêt C se trouvant de nouveau devant elle, la force de rester exposée à l'action du vent pour se remettre de nouveau en girouette lorsqu'elle sera revenue de nouveau à la situation A″ B″, et toujours ainsi de suite.

Ce mécanisme fondamental bien entendu, le reste est facile à comprendre.

L'arbre vertical est embrassé en haut et en bas par deux vergues doubles représentées dans la figure 4 par *cd* et *ef*, et par *gh* et *ik*. Les deux demi-vergues *cd* et *ef* sont entaillées à mi-bois l'une dans l'autre avec les deux demi-vergues *gh* et *ik*, et toutes les 4 demi-vergues sont liées à l'arbre par deux entailles d'un demi-pouce, l'une dans l'arbre, et l'autre dans les demi-vergues.

Les deux demi-vergues composant une vergue entiere sont liées ensemble pour ne former qu'une seule masse, par des tasseaux placés de distance en distance, que la petitesse n'a pas permis de désigner sur la figure, de peur de l'embrouiller.

Les vergues se terminent à 18 pouces de distance des pivots P et sont frettées à leurs extrémités.

Pour empêcher les vergues de plier dans le sens vertical, celles d'en bas sont soutenues par des *jambes de force* R et S (*fig.* 5)

et celles du haut par des liens verticaux MN, OQ. En outre les pivots P (*fig.* 5) sont construits de maniere à fixer invariablement les extrémités des vergues pour les empêcher de s'écarter ou de se rapprocher, en même-temps néanmoins que ces mêmes pivots laissent à l'aile la faculté d'un mouvement rotatoire aussi facile que possible.

On sera maître, par un mécanisme particulier, d'abattre quand on le voudra tous les arrêts C, afin que ne retenant plus les ailes elles puissent se mettre par-tout en *girouettes* lorsqu'on jugera à propos d'arrêter la roue.

Je me borne, comme on le voit, à une explication extrêmement rapide, parce que tous ces détails d'exécution sont faciles à imaginer, et que leur développement dans cet ouvrage me menerait trop loin.

Le mât est terminé à son extrémité inférieure (*fig.* 5) par un pivot Z engagé dans une crapaudine, dans laquelle il enfoncera d'un pied au moins. Voilà son premier point d'appui. Voici le second : Au dessous de la vergue inférieure est une jante horizontale X Y, garnie dans son intérieur de plusieurs rouets horizontaux contre lesquels s'appuie l'arbre taillé en cet endroit circulairement. La jante X Y est solidement et invariablement

assujétie sur une charpente fixe, inébranlable, et indépendante de la roue à vent.

Au moyen de ces deux appuis, il suffit, pour que la roue conserve sa verticalité, que les grosseurs des vergues et du mât soient telles que l'effet du vent le plus violent ne puisse, non seulement les rompre, mais même les faire sensiblement plier. Nous déterminerons bientôt ces grosseurs.

XXIX. Le calcul de l'action du vent employée de la maniere que je viens de prescrire, est un problême très-compliqué et même insoluble si l'on exige la précision géométrique. Il n'y a en effet pendant la durée de chaque rotation que quatre instants où une aile se trouve frappée perpendiculairement par le vent. Dans tous les autres instants l'impulsion est oblique, et l'on sait aujourd'hui que le principe établi sur le choc oblique des fluides est si erronné qu'il faut l'abandonner entièrement. On est donc forcé ici de considérer l'action du vent comme si le choc se faisait toujours à angles droits, ainsi qu'on est forcé de le faire en calculant l'action des roues à aubes, et l'expérience apprend qu'il n'en résulte pas une erreur assez considérable pour être forcé d'en tenir compte dans la pratique.

Bouguer a trouvé par expérience que l'impulsion de l'eau sur un pied carré de surface, avec un pied de vîtesse par seconde, est d'une livre sept onces. Admettant donc que l'air est 700 fois moins dense que l'eau, et que les impulsions des fluides sont en raison des densités, il s'en suit que l'impulsion du vent avec la vîtesse 1, sur un pied carré de surface est de (0,002) livre.

Nommons v la vîtesse absolue du vent et s la surface d'une aile. Si la roue tournait avec toute la vîtesse du vent, son effort serait zéro, et elle ne pourrait point engendrer de mouvement. Si elle était arrêtée, son effort serait égal à $(0{,}002) \times s v^2$, ce qui est le *maximum*, mais la vîtesse serait zéro, et il ne pourrait y avoir encore de mouvement engendré. Il faut donc, pour qu'il y ait mouvement, que la roue tourne avec une vîtesse plus petite que la vîtesse v.

Soit donc une vîtesse u que j'appelle *vîtesse d'arrêt*, combinée de maniere que l'effort du vent sur l'aile avec cette vîtesse u fasse équilibre au poids de la colonne d'eau. Ce poids de la colonne d'eau sera alors $(0{,}002)\, s u^2$, en supposant que les bras de lévier soient égaux. Tant que la vîtesse du vent ne sera qu'égale à u, ou plus petite, la roue ne tournera pas,

parce que l'effort du vent ne sera pas supérieur à (0,002) su^2, poids de la colonne d'eau. Mais aussitôt que le vent aura une vîtesse $u + t > u$, la roue tournera avec la vîtesse t. Car il faut absolument que l'effort de la roue fasse équilibre avec le poids (0,002) su^2 de la colonne d'eau; il ne peut lui faire équilibre qu'autant que la vîtesse relative du vent à l'égard de la roue est u, et puisque la vîtesse du vent est $u + t$, la vîtesse relative ne peut être u, qu'autant que la vîtesse de rotation est t.

Il résulte de là que quelque grande que soit la vîtesse du vent, l'effort de la roue sera toujours constamment égal au poids de la colonne d'eau. Plus l'excès t de la vîtesse du vent sur la vîtesse d'arrêt u sera considérable, plus la roue tournera vîte, et plus le produit d'eau sera grand, à raison de la plus grande vîtesse ascensionnelle de l'eau supposée égale à la vîtesse de rotation de la roue. Mais ce plus grand produit, quelque grand qu'il soit, s'obtiendra sans un plus grand effort, d'où il résulte un avantage très-précieux de cette maniere d'employer la force du vent pour mouvoir la Ducrétienne, que voici : la roue étant une fois construite pour résister à l'effort (0,002) su^2 auquel on se

sera d'abord déterminé, il n'y aura plus à craindre que le vent le plus impétueux puisse, je ne dis pas briser, mais seulement endommager la machine; de sorte que la Ducrétienne une fois livrée à l'action du vent, *n'aura plus besoin d'aucune surveillance.* Quand il n'y aura point assez de vent, elle s'arrêtera; quand il y en aura assez, elle marchera immédiatement, la roue à vent s'orientant d'elle même; mais une fois en mouvement, on n'aura plus rien à craindre du coup de vent le plus impétueux, de l'ouragan même.

Nous avons déja vu plus haut qu'à raison de l'extrême simplicité de la Ducrétienne, cette hydrauférique ne donnerait lieu qu'à un entretien annuel presque nul. Il vient d'être prouvé à l'instant même, qu'en employant ma machine à vent, il n'y a besoin d'aucune surveillance; on voit donc qu'en donnant à la machine à vent une solidité surabondante, la machine une fois mise en mouvement et livrée ensuite à elle-même, élevera l'eau pendant une longue suite d'années, sans que le propriétaire soit tenu à la moindre dépense annuelle. Il jouira du volume d'eau produit par la Ducrétienne, comme si c'était celui d'une source coulant

naturellement à la hauteur à laquelle l'eau sera élevée. Or, cet avantage de jouir à telle hauteur qu'on voudra d'un produit d'eau considérable, sans autre dépense que celle qui aura été faite une premiere fois, et sans aucuns soins ni surveillance, est une chose infiniment précieuse, et certainement toute nouvelle en hydraulique.

XXX. Le poids de la colonne d'eau est $(0{,}002)\, s u^2$ et la vîtesse du vent étant $u + t$, la vîtesse de la roue et de la colonne d'eau est t. Nommons donc h la hauteur de la colonne d'eau et B la section horizontale de sa base. Le poids de la colonne d'eau sera $70\, B h$. On a donc $70\, Bh = (0{,}002)\, s u^2$, d'où l'on tire $B = \frac{s u^2}{35000.\, h}$; donc le produit d'eau est égal à $\frac{t s u^2}{35000.\, h}$.

Faisons $t = 1$, ce qui est la plus petite vîtesse de la roue en nombre entier, et appelons v la plus grande vîtesse du vent. $\frac{s u^2}{35000.\, h}$ sera le plus petit produit d'eau : $\frac{(v - u)\, u^2\, s}{35000.\, h}$ sera le plus grand produit d'eau. Donc, si l'on suppose pour un moment une même durée de temps à tous les vents de différentes vîtesses, le produit d'eau moyen pendant

tout le temps que la machine marchera, sera $\frac{(v+1-u)u^2}{70000.\,h}.s$, et il sera $\frac{(v+1-u)(v-u)u^2}{70000.\,v\,h}.s$, en y comprenant tout le temps que la Ducrétienne ne marchera pas.

XXXI. Si l'on différencie le produit d'eau moyen $\frac{(v+1-u)(v-u)u^2}{70000.\,v\,h}.s$, en traitant u comme variable, et qu'on égale à zéro, on trouve pour le *maximun* du produit moyen d'eau, $u=\frac{+(6v+3)-\sqrt{4v^2+4v+9}}{8}$.

Il paraît par les expériences de Smeaton, consignées dans la Bibliotheque Britannique (voyez le tableau ci-dessous), que la plus grande vîtesse du vent doit être estimée à 62 pieds par seconde; cet auteur classant parmi les tempêtes et les ouragans, les vents dont la vîtesse est plus grande, et le cas de ces vents est trop rare pour les faire entrer en ligne de compte. Faisant donc dans cette valeur de u, $v=62$, on trouve $u=31\frac{1}{4}$. Voilà donc (toujours dans l'hypothese d'une durée égale de tous les vents) quelle doit être la vîtesse d'arrêt pour obtenir le plus grand produit d'eau moyen.

TABLEAU de la vitesse et de la force du vent, par SMEATON.

Vitesse du vent par seconde, en pieds anglais.	Vitesse du vent par seconde, en pieds français.	Effort du vent tombant perpendiculairement sur une surface d'un pied carré exprimé en livres et millieme de livre avoir du poids.	Effort du vent … en livres poids de marc.	NATURE DES VENTS.
1,47	1,38	0,005	0,004	à peine sensible.
2,93	2,74	0,020	0,016	Zéphyr.
4,40	4,12	0,044	0,035	
5,87	5,50	0,079	0,063	Brise.
7,33	6,87	0,123	0,098	
14,67	13,75	0,492	0,366	Forte brise.
22,00	20,62	1,107	0,891	
29,34	27,50	1,968	1,584	Vent frais.
36,67	34,38	3,075	2,475	
44,01	41,24	4,429	3,565	Grand frais.
51,34	48,13	6,027	4,851	
58,68	55,02	7,873	6,337	Très-grand frais.
66,01	61,88	9,963	8,020	
73,35	68,76	12,300	9,901	Tempête.
88,02	82,52	17,715	14,260	Tempête violente.
117,36	110,02	31,490	25,349	Ouragan.
146,70	137,53	49,200	39,606	Ourag. renversant arbres et maisons.

XXXII. Reprenons à présent l'expression $\frac{(v+1-u)(v-u)u^2}{70000\,vh}s$ du produit d'eau moyen et faisons $v=62$, et $u=31.\frac{1}{4}$, on trouve que le produit moyen d'eau est égal à $(0{,}2196)\frac{s}{h}$. Voilà donc le plus grand produit d'eau moyen qu'on puisse obtenir. Mais sur 62 jours il y en aura 31 dont la vîtesse du vent étant moindre que la vîtesse d'arrêt, la Ducrétienne sera arrêtée et ne donnera aucun produit, pendant leur durée. Or, on a besoin en général dans les opérations hydrauf\u00e9riques, d'un produit d'eau régulier. Il faut donc trouver un moyen de régulariser le produit d'eau de maniere à compenser le défaut de produit pendant 31 jours que la Ducrétienne n'en donnera pas du tout, par la surabondance du produit journalier pendant les 31 autres jours que la Ducrétienne marchera. Le seul moyen d'obtenir cette compensation est d'avoir un réservoir dont le fond soit au niveau de la hauteur à laquelle on éleve l'eau, et contenant une assez grande masse d'eau approvisionnée pendant le temps où la Ducrétienne en fournira plus que le produit moyen, pour compléter ce qui manquera au produit moyen dans les jours où la Ducrétienne en

élevera moins que le produit moyen, ou n'en élevera pas du tout.

Si la localité permet de se procurer un réservoir assez élevé et assez vaste pour contenir toute l'eau nécessaire à la compensation, il n'y a pas de doute qu'il faudra fixer la vîtesse d'arrêt à 31 pieds par seconde à-peu-près; mais si la localité ne le permet pas, et qu'on ait plus besoin d'avoir un volume d'eau régulier, qu'un volume d'eau aussi abondant que possible, alors on se fixera à une vîtesse d'arrêt plus petite que celle de 31. Le volume d'eau moyen sera plus faible, mais le réservoir compensateur pourra être d'autant plus petit que la vîtesse d'arrêt sera plus petite. Tout ceci s'éclaircira par la suite.

XXXIII. J'ai supposé dans tous ces calculs que tous les différents vents soufflant depuis la vîtesse 1 jusqu'à la vîtesse 62, avaient des durées égales. Cette hypothese est-elle fondée? Il paraît que non, ainsi qu'on va le voir.

L'impulsion du vent avec la vîtesse 1 sur un pied carré de surface est de (0,002) livre. Donc si notre hypothese était juste, l'impulsion moyenne du vent sur un pied carré de surface, serait égale à la 62e partie du produit de (0,002) livre par la somme de tous les

carrés depuis 1 jusqu'à 62, et se[illegible]t lieu si séquent de (2,62) livres. Or, Bougue[illegible]n de par l'expérience que ce produit moyen [illegible]é que d'une livre. Donc notre hypothese n'est pas juste, l'expérience de Bouguer prouvant que la durée des vents faibles l'emporte sur la durée des vents forts, d'où il faudra conclure :

1° Que la vîtesse d'arrêt est trop forte en la fixant à 31 $\frac{1}{4}$;

2° Que le produit d'eau moyen que nous avons déterminé est aussi trop fort.

Il sera impossible de déterminer le vrai produit d'eau moyen d'une Ducrétienne mue par le vent, et la vîtesse d'arrêt la plus avantageuse, tant que l'on ne connaîtra pas les différentes durées des différents vents, et c'est ce qu'on ne pourra apprendre que par la voie de l'expérience. En attendant j'ai lieu de croire par des raisons qu'il serait trop long de déduire ici, qu'on ne s'écartera pas beaucoup de la vérité,

1° En fixant à 20 pieds par seconde la vîtesse d'arrêt lorsqu'on voudra obtenir le plus grand produit d'eau possible ;

2° Et en calculant, à la vîtesse d'arrêt qu'on aura fixée, le produit d'eau moyen, comme si les durées des vents étaient toutes égales,

mais en ne prenant que la moitié du produit moyen calculé, c'est-à-dire, en comptant le produit d'eau moyen à $\frac{(\overline{v+1-u})(v-u)u^2}{140000.\,v} \cdot \frac{s}{h}$.

PARAGRAPHE XVII.

Application de la Ducrétienne au dessèchement des marais, par la force du vent.

XXXIV. La maniere la plus générale, et la seule, je crois, qui soit aujourd'hui employée en France pour opérer le dessèchement des marais, consiste à trouver un sol plus bas que le marais, sur lequel sol l'eau puisse trouver un écoulement, et à y conduire l'eau du marais. Mais pour que ce mode d'assèchement remplisse complétement l'objet qu'on a en vue, il faut une différence de niveau assez considérable pour que l'écoulement soit prompt et facile, ce qu'il est très-rare de trouver. D'ailleurs, quand bien même on s'est assuré de son succès, l'exécution exige souvent de très-fortes dépenses premieres, et ensuite lorsque le marais est desséché, on ne peut maintenir la parfaite siccité du sol, que par un grand nombre de rigoles d'écoulement dont l'entretien annuel donne lieu à des dépenses considérables.

Tous ces inconvénients n'ont point lieu si le desséchement s'opere par l'ascension de l'eau, pourvu que le volume d'eau enlevé soit extrêmement abondant, et qu'on emploie à la maniere des Hollandais une puissance motrice, celle du vent, par exemple, qui ne donne lieu à aucune dépense. Or, ce double but peut être atteint avec le succès le plus complet par le moyen de la Ducrétienne.

Il faut s'assurer d'abord d'un cours d'eau à portée du marais (et il s'en trouve toujours) ayant une pente assez considérable pour permettre l'écoulement de la masse d'eau qu'on doit ajouter à son volume ordinaire.

On cherche ensuite le point le plus bas du marais pour y établir la Ducrétienne d'épuisement. On établit une communication de ce point le plus bas au canal du cours d'eau de décharge par une jetée ou solide, si le local le permet, ou formée par une suite de pilots surmontés d'un aqueduc en planches, destiné à recevoir les eaux du marais qui seront élevées par la Ducrétienne.

Enfin, on terminera ces opérations préliminaires par le recreusement du sol du marais à l'endroit où la Ducrétienne doit être établie, afin de s'y procurer la profondeur nécessaire pour que la chaîne ne touche pas

le fond du sol. On peut se servir à cet effet de la même machine qui sert au curement des ports.

Tous ces travaux étant terminés on place à ce point le plus bas du marais ainsi disposé, une Ducrétienne mue par le vent, ayant des dimensions d'autant plus fortes que l'épuisement à opérer est plus considérable. Supposons donc qu'il s'agisse d'un marais d'une très-grande étendue et qu'il faille élever l'eau à une hauteur de 15 pieds, ce qui est, je crois, la plus grande hauteur qu'on puisse fixer, car il y a très-peu de marais qui aient une si grande différence de niveau avec le sol qui peut servir à leur écoulement.

Je propose en conséquence d'établir deux grandes Ducrétiennes à côté l'une de l'autre dont les roues à vent soient disposées de maniere que l'une tourne à droite et l'autre à gauche, d'où il résultera qu'elles recevront toujours le vent sans pouvoir s'abriter l'une par l'autre.

Les ailes de chaque Ducrétienne auront 40 pieds de hauteur sur 40 de largeur. Comme il y a entre les ailes et l'arbre un intervalle de 20 pieds, il en résulte une largeur totale de 120 pieds. Cette largeur paraîtra sans doute considérable. Ce n'est cependant que la grande

envergure des vaiseaux, et l'on va voir que l'effort à supporter est beaucoup moindre.

Je fixe la vîtesse d'arrêt à 20 pieds par seconde, produisant (ainsi que le tableau de l'article 30 nous l'apprend) un effort de (0,838) par pied carré. La surface d'une aile est de 1600 pieds carrés, ainsi l'effort du vent sur l'aile est de 1340 livres.

Nous avons vu que cet effort reste invariable quelque grande que puisse être la vîtesse du vent. Voyons donc les grosseurs à donner aux traverses horizontales pour résister à cet effort.

Une expérience de Duhamel nous apprend qu'une poutrelle de sapin d'un pouce de grosseur et de 40 pouces de longueur, ne rompt que chargée à son extrémité d'un poids de 48 livres. Nous savons d'un autre côté, par les expériences de Buffon, que les forces des bois carrés sont en raison inverse des longueurs, et en raison directe du cube des grosseurs.

Le bras de levier de rupture de notre vergue est de 40 pieds, et comme il y en a deux, l'une en haut et l'autre en bas, le poids de rupture ne doit être compté qu'à 670 livres. Mais comme il faut que l'aile ne puisse ni rompre ni fléchir, comptons un poids de

rupture de deux milliers. Cela posé, si l'on nomme g la grosseur de notre vergue on a cette proportion

$$\frac{(1)^3}{3\frac{1}{4}} : \frac{(g)^3}{40} :: 48 : 2000,$$

d'où l'on tire $g = 8$ pouces. Ainsi, en donnant 8 pouces de grosseur moyenne aux vergues, on aura une force triple de celle qui est nécessaire. Fortifions encore néanmoins notre vergue en donnant 14 pouces au milieu et 6 pouces aux extrémités.

Un calcul semblable nous apprend que le mât sera aussi solide qu'il doit l'être, en lui donnant 12 pouces carrés de grosseur.

Reprenons maintenant notre formule $\frac{(v+1-u)(v-u)u^2}{70000.\,v} \cdot \frac{s}{h}$, nous avons $v = 62$; $u = 20$; $s = 1600$; $h = 15$. Substituant donc on trouve $17\frac{3}{4}$ pour le produit d'eau moyen d'une des deux Ducrétiennes, produit qu'il faut réduire à moitié d'après l'observation de l'article 33; mais comme il y a deux Ducrétiennes, il faut nous en tenir à ce produit.

Ce produit d'eau est le nombre de pieds cubes élevés par seconde. Multipliant donc par 150 (art. 3) on voit que les deux Ducrétiennes peuvent élever ensemble à la hauteur de 15 pieds un produit d'eau moyen de 2625

pouces d'eau. Ce produit est énorme. En conséquence notre calcul prouve qu'il n'y a pas de marais quelqu'étendus qu'ils soient, même ceux alimentés par des sources locales abondantes, qui ne puissent être mis à sec par deux Ducrétiennes, des dimensions que je viens de fixer.

La charge constante du vent sur l'aile est de 1340 livres. Il ne faut pas que les godets puissent prendre toute la vîtesse de rotation de la roue, dont le *maximum* est de 42 pieds par seconde. Bornons donc la vîtesse ascensionnelle des godets au douzieme de la vîtesse de rotation de la roue à vent, ce qui déterminera à 3 $\frac{1}{2}$ pieds par seconde la plus grande vîtesse ascensionnelle des godets, il faudra alors que le poids de la colonne d'eau soit de 16080 livres.

Les godets de la construction que nous avons déterminée pour la figure 1, contenant 11 pieds cubes d'eau et leur intervalle étant de 3 $\frac{1}{2}$ pieds à-peu-près, il y en aura 4 $\frac{2}{7}$ dans la hauteur de 15 pieds, contenant ensemble 47 $\frac{1}{7}$ pieds cubes dont le poids sera de 3300 livres. Mais il faut que la colonne d'eau pese 16080 livres; quatre suites de godets ne suffiraient donc pas puisqu'il n'en résulterait qu'un poids de 13200 livres, six suites de

godets donneraient un poids trop considérable puisqu'il serait de 19800. Mais on peut adopter ces six suites de godets en diminuant alors la vîtesse d'ascension dans le rapport de 19800 à 16080. En conséquence, au lieu de régler les bras de levier de la transmission de l'action du vent au mouvement de la Ducrétienne, de maniere que la vîtesse ascensionnelle soit le douzieme de la vîtesse de la roue prise au milieu de l'aile, on les réglera de maniere que la vîtesse d'ascension soit réduite au quinzieme à-peu-près, et on posera sur l'arbre horizontal de la Ducrétienne six suites de godets dont trois seront placées de chaque côté de l'engrenage de la roue à vent avec l'axe des roues embrassées par les chaînes.

Les deux Ducrétiennes étant placées au point le plus bas du marais, on ne fera de saignées sur le terrain par des rigoles, qu'à fur et mesure que l'eau du marais baissant, il se trouvera des parties qui manqueront d'écoulement vers le puisard, d'où il résultera que la dépense de construction des rigoles sera peu considérable, et, n'étant creusées qu'à fur et mesure qu'elles seront nécessaires, on aura beaucoup moins à craindre les funestes effets du méphitisme de l'air occasionné par les grandes fouilles qu'on est

obligé de faire toutes à-la-fois dans le système actuel de desséchement.

XXXV. J'ai établi mes calculs sur un cas extrême. Comme on aura à élever souvent à une beaucoup moindre hauteur que celle de 15 pieds et qu'on aura besoin très-rarement d'élever plus de 5 à 6 cents pouces d'eau, une roue à vent double, de dimensions deux fois plus petites que celles que je viens de déterminer, sera presque toujours suffisante. On voit donc que le desséchement de tous les marais par le procédé que je propose, est une opération très-simple et d'un succès certain dans tous les cas, en même-temps qu'il est extrêmement économique; car il n'y a de dépenses que celles de l'établissement des deux Ducrétiennes, et une fois mises en place, le marais sera constamment maintenu sec et propre à la culture, sans être tenu ensuite à aucune dépense annuelle.

Tout ce que je viens de dire pour le desséchement des marais s'applique à l'irrigation des campagnes. Mais je ne puis ici entrer dans les mêmes détails que pour le desséchement des marais, parce que ce genre d'opération est entièrement subordonné à des localités sujettes à trop de variations pour être susceptibles d'une explication générale. Je vais donc

me borner à un seul cas particulier plus relatif à l'agrément qu'à l'utilité.

PARAGRAPHE XVIII.

De l'usage des Ducrétiennes pour l'embellissement des parcs.

XXXVI. J'ai connaissance d'une très-belle terre que le propriétaire habite pendant six mois de l'année, et qui a un parc de cent arpents manquant entièrement d'eau. On va voir combien il est facile de s'en procurer dans tous les cas semblables à celui dont je parle, en se servant à cet effet d'une ou de plusieurs Ducrétiennes de très-médiocres dimensions.

On comprend facilement combien une riviere artificielle de 7 à 8 cents toises de longueur développée, sur une largeur moyenne de 3 à 4 toises, serait propre à embellir un parc de cent arpents et serait utile en même-temps pour l'arrosement des gazons, des potagers, et pour la fourniture de toute l'eau nécessaire au service de la maison.

Mais quel volume d'eau faut-il pour alimenter une riviere artificielle de cette grandeur, et empêcher en même-temps la putréfaction de l'eau, lorsque faute de pouvoir se renou-

veler, elle est stagnante? C'est une question à laquelle il faut d'abord répondre.

La quantité d'eau qui s'évapore par an est de 30 pouces de hauteur. Notre riviere artificielle a 4 toises de largeur moyenne, et une superficie de 2400 toises carrées, ou de 86400 pieds carrés; son évaporation est donc de 216000 pieds cubes par an, ou de 591 pieds cubes par jour. Voilà donc le volume d'eau qu'il faut se procurer pour remplacer les pertes de l'évaporation. Ajoutons-y 409 pieds cubes d'eau pour les arrosements et le service de la maison, ce sera en tout 1000 pieds cube d'eau par jour qu'il faudra se procurer.

1000 pieds cubes d'eau par jour ne font pas 2 pouces d'eau. Pour peu qu'une source soit assez abondante pour former un petit cours d'eau, il faut qu'elle soit bien peu de chose pour ne donner qu'un produit de 5 à 6 pouces d'eau. Si donc le propriétaire a dans son voisinage une source en état de fournir le faible volume de 2 pouces d'eau dont il puisse disposer, cette source, fût-elle à 100 pieds au-dessous du sol de son parc, peut y être facilement transportée par une Ducrétienne à vent, en la construisant sous les dimensions ci-après.

Donnons aux ailes 10 pieds en carré et par

conséquent 100 pieds carrés de surface et fixons la vîtesse d'arrêt à 10 pieds par seconde; l'effort constant sur les ailes sera de (0,002) $\times$ $(10)^2$ $\times$ 100 = 20 livres.

Fixons la vîtesse ascensionnelle des godets au 24 de la vîtesse de rotation des ailes, le poids de la colonne d'eau sera 20 $\times$ 24 = 480 livres.

Appellons à présent r le rayon de la roue de la Ducrétienne qui nous est nécessaire. Nous avons vu (art. 25) que la distance entre les godets est (0,721). r, et leur continence (0,727) r^3. Le poids de l'eau contenue dans un godet est donc (0,727) $r^3 \times 70 = (50,89)$ r^3. La hauteur étant de 100 pieds, le nombre des godets est égal à $\frac{100}{(0,721).\, r}$, donc le poids de la colonne d'eau est égal à (50,89). $r^3 \times \frac{100}{(0,721).\, r} = 7058 \frac{1}{4}\, r^2$. Donc puisque la colonne doit peser 480 livres on a $7058 \frac{1}{4}.\, r^2 = 480$, d'où l'on tire $r = (0,26)$ pied.

Voilà donc quel devrait être le rayon de la roue si la Ducrétienne étant semblable à celle de notre planche, chaque tirant intérieur avait son godet. Comme cette Ducrétienne serait un peu faible, portons le rayon de la roue à 6 pouces. Le poids de la colonne

d'eau sera $7058\frac{1}{4} \times (0,5)^2 = (1764,56)$ livres. Ce poids est à-peu-près quatre fois trop considérable. Il deviendra donc tel qu'il doit être en réduisant au quart le nombre des godets, c'est-à-dire, en n'en plaçant qu'un à tous les quatriemes tirants.

Le poids de la colonne d'eau ne sera plus alors que de 441 livres au lieu de 480 qu'il devrait être. Si l'on veut donc que la vîtesse d'arrêt soit toujours 6, il faut alors, au lieu de prendre $\frac{1}{34}$ pour le rapport des bras de levier entre l'effort du vent et le poids de la colonne d'eau, prendre le rapport $\frac{1}{34} \times \frac{480}{441} = \frac{1}{32}$ à-peu-près. Alors le produit d'eau sera toujours le même. Je me résume.

La Ducrétienne à construire pour qu'une roue à vent de 100 pieds carrés de surface commence à tourner aussitôt que la vîtesse du vent dépasse celle de 6 pieds par seconde, doit être parfaitement semblable à celle de la grande Ducrétienne dont j'ai donné la description détaillée, avec ces deux seules différences : 1° que toutes les proportions doivent être diminuées dans le rapport de $2\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, réduites au cinquieme; 2° et que les godets ne doivent être placés qu'à tous les quatriemes tirants.

XXXVII. Il résulte de là que la même Du-

crétienne étant mue par la même roue à vent, peut servir pour toutes les hauteurs, en variant seulement comme il suit les intervalles des godets : pour la hauteur de 25 pieds ils seront placés à tous les tirants ; pour celle de 50 pieds, à tous les deuxiemes tirants ; pour celle de 75 pieds, à tous les troisiemes tirants, pour celle de 100 pieds, à tous les quatriemes tirants ; pour celle de 125 pieds, à tous les cinquiemes tirants, et ainsi de suite.

XXXVIII. Voyons à présent le produit d'eau pour la hauteur de 100 pieds.

La continence d'un godet $= (0,727)r^3 = (0,09087\frac{1}{2})$.

La distance entre deux godets est égale à $(0,721)$. $r \times 4 = (1,442)$. Soit v la vîtesse du vent. La vîtesse de rotation de la roue sera $(v-6)$; donc la vîtesse ascensionnelle des godets sera $\frac{1}{22}(v-6)$, donc le produit d'eau $= \frac{\frac{1}{22}(v-6)}{1,442} \times (0,09087\frac{1}{2}) = (0,00286)(v-6)$.

La plus petite vîtesse de la roue exprimée en nombres entiers aura lieu lorsque $v=7$; alors $(v-6)=1$, ainsi le plus petit produit d'eau $=(0,00286)$.

La plus grande vîtesse de la roue aura lieu lorsque $v=62$, alors $(v-6)=56$, ainsi le

plus grand produit d'eaû = (0,00286) × 56 = (0,16016). Donc si toutes les durées des différents vents étaient égales, le produit pendant le temps que la Ducrétienne marche serait (0,0815) et en y comprenant les temps d'immobilité, le produit moyen sera, (0,0815) $\times \frac{56}{62}$ = (0,0736). Prenant donc enfin la moitié de ce produit, conformément à l'observation de l'article 33, on voit que cette Ducrétienne, en commençant à marcher par le vent le plus faible, produira un volume d'eau moyen de (0,0368) pied cube par seconde, équivalant à $5\frac{1}{3}$ pouces à-peu-près, mesure des fontainiers et à 3000 pieds cubes à-peu-près en 24 heures.

Si la hauteur n'était que de 50 pieds, le nombre des godets étant double, le volume d'eau moyen serait de 6000 pieds cubes par jour, et il serait de 12000 pour une hauteur de 25 pieds. Or, on n'a besoin que de 1000 pieds cubes pour entretenir une riviere artificielle de 750 toises de longueur et de 3 à 4 toises de largeur. On voit donc que cette Ducrétienne serait beaucoup plus que suffisante.

XXXIX. Si une maison de campagne de laquelle dépend un parc d'une grande étendue, n'avait pas du tout de source à sa proxi-

mité, il faudrait y suppléer par des puits. En les creusant à une profondeur convenable, sans s'arrêter au premier volume d'eau que l'on trouverait, s'il n'était pas très-abondant, le particulier riche pourrait en établir deux ou trois qui fourniraient sans contredit entre eux le volume total de 1000 pieds cubes par jour dont on a besoin.

Le diametre de la roue n'étant que d'un pied (roue qui serait bien simple étant massive) une profondeur d'eau égale à 5 fois le rayon, c'est-à-dire, de 2 pieds serait plus que suffisante. Néanmoins il conviendrait de porter la profondeur à 5 ou 6 pieds.

Dans les vents forts la Ducrétienne tirant un grand volume d'eau pourra épuiser le puits et marcher à vide. Mais cela n'aura aucun inconvénient parceque la chaîne aura encore une vîtesse très-lente lors même que les godets seront vides.

Je ne dis rien ici sur la disposition des bras de levier en vertu desquels la rotation horizontale de la roue à vent transmettra à la roue de la Ducrétienne sa rotation verticale. Il n'y a pas de machiniste praticien qui ne sache la proportion à établir entre les diametres des roues dentées et des lanternes, pour qu'en opérant cette transmission la

vîtesse ascensionnelle des godets ne soit que la vingt-deuxieme partie de la vîtesse du centre d'effort des ailes de la roue à vent. J'observerai à cet égard que le bras de levier du centre de gravité des godets, rapporté au centre de la roue de la Ducrétienne est égal au cinquieme de 3 $\frac{1}{2}$ pieds, c'est-à-dire, qu'il est de 7 $\frac{1}{5}$ pouces.

L'emplacement des puits qui doivent alimenter une riviere artificielle étant déterminé, l'eau sera conduite à la source de la riviere qu'on projete par des conduites forcées de 6 pouces de diametre intérieur. Cette construction, qui est dans l'état actuel des choses l'objet d'une dépense très-considérable, pourra être très-économique en faisant toutes les conduites en bois de chêne rendu imperméable par le procédé indiqué à l'article 16, et je réponds qu'une fois en place, non seulement ils ne pourriront jamais, mais qu'ils ne seront pas même sujets à s'obstruer comme cela arrive si souvent.

Le bas prix et la longue durée des conduites en bois imperméable me semblent propres à déterminer les propriétaires riches, à aller chercher une source naturelle, fût-ce même à la distance de 2 ou 3 mille toises, plutôt que de creuser des puits.

Quant à la riviere artificielle, voici le procédé à suivre pour que ses eaux soient toujours aussi limpides que si elles étaient vives. Toutes les conduites d'*arrivage* aboutiront à un premier puisard, placé à l'endroit même où l'on veut que soit la source de la riviere. Là il y aura encore une Ducrétienne des dimensions que je viens de prescrire, laquelle n'ayant pas à élever à plus de 25 pieds de hauteur, prendra l'eau du puisard, pour l'élever à ladite hauteur et la faire jaillir comme une source naturelle d'un rocher artificiel. La riviere se déchargera à l'extrémité dans un second puisard communiquant au premier par une conduite forcée de 6 pouces au moins de diametre intérieur, et ayant une pente totale de 4 à 5 pieds vers le puisard de la source. Comme la Ducrétienne de la source enlevera un volume moyen d'eau de 12000 pieds cubes très-supérieur à celui fourni par les puits, il en résultera que l'eau même de la riviere retournera continuellement à la source pour être enlevée de nouveau, et qu'un courant continuel existera sur la riviere et empêchera la corruption des eaux, de la même maniere que si elle était alimentée par un cours d'eau naturel de 15 à 20 pouces.

PARAGRAPHE XIX.

Ducrétiennes à vent pour les maisons bourgeoises isolées.

XL. COMME il n'y a pas de maison isolée qui n'ait au moins un puits, rien n'empêche le propriétaire d'établir au-dessus une Ducrétienne, pour entretenir toujours plein un réservoir servant à fournir toute l'eau nécessaire aux besoins de la maison et aux arrosages.

Si la maison est peu considérable et que ses besoins se bornent au seul service domestique, alors une fourniture moyenne de 20 pieds cubes d'eau par jour, équivalant à 60 seaux, sera plus que suffisante. Comme le vent le plus faible fait marcher la Ducrétienne, une provision d'eau de 10 jours, c'est-à-dire, de 200 pieds cubes suffira, et voilà en conséquence la continence du réservoir qu'il faudra tenir constamment plein. Je conseille, dans le cas présent, de placer ce réservoir dans les greniers de la maison, et d'en dériver l'eau dans toutes les chambres par des petits tuyaux de bois de chêne rendu imperméable, percés à l'intérieur d'un trou circulaire d'un pouce de diametre tout au plus.

Il résulterait de cette disposition l'avantage, non-seulement d'une grande commodité, l'eau se trouvant portée naturellement partout où l'on en aurait besoin, mais encore de se procurer un préservatif assuré contre un des accidents qu'on doit le plus craindre dans les maisons isolées, l'incendie.

Comme il arrive souvent que les puits en fournissant pendant l'hiver beaucoup plus d'eau que l'on n'en consomme, tarissent l'été, il conviendra de pratiquer dans l'endroit le plus élevé du terrain, indépendamment du petit réservoir de 200 pieds cubes dont je viens de parler, un plus grand réservoir contenant à-peu-près 3000 pieds cubes d'eau, ce qui suffit pour fournir toute l'eau nécessaire aux besoins propres d'une maison pendant 4 ou 5 mois d'une sécheresse absolue.

En portant l'eau jusqu'au grenier, la hauteur totale n'excédera presque jamais 100 pieds. Notre Ducrétienne à vent de l'article 38 éleve, en terme moyen, 3000 pieds cubes d'eau à cette hauteur; nous n'avons besoin ici que de 20 pieds cubes. On peut donc considérablement réduire le produit d'eau. Je propose en conséquence, 1° de réduire à moitié toutes les proportions de la roue à vent. L'effort étant quatre fois moins considérable, le

produit d'eau doit déja être diminué dans cette proportion, et on obtiendra cette réduction en ne plaçant les godets qu'à tous les seiziemes tirants, au lieu de les placer à tous les quatriemes ; 2° comme le produit d'eau sera encore trop considérable je propose de le réduire encore au tiers, en ne plaçant les godets qu'à tous les quarante - huitieme tirants.

Nous avons vu à l'article 19 que la distance des tourillons de la grande Ducrétienne est de (1,732) pied, et par conséquent l'intervalle des godets qui est double est de (3,464) pieds. Cet intervalle pour la Ducrétienne domestique est le cinquieme, c'est-à-dire, de (0,693). Mais le nombre des godets est ici 48 fois moindre. La distance des godets dans notre Ducrétienne actuelle est donc d'un peu plus de 33 pieds. Par conséquent si la hauteur à laquelle on éleve est de 100 pieds, il n'y aura que 3 godets dans cette hauteur.

Nous avons réduit autant que possible le produit d'eau, et cependant il est encore en terme moyen de 250 pieds cubes par jour, et se trouve ainsi dix à douze fois supérieur à celui dont on a besoin. En conséquence, puisqu'on ne peut gueres réduire la Ducrétienne et la roue à vent à de plus petites di-

mensions, voici ce qu'il y a à faire. On pratiquera au grand et au petit réservoirs des *déversoirs* de décharge par lesquels l'eau surabondante aux besoins retournera dans le puits. Il résultera de-là que l'eau du puits acquerra toutes les propriétés de l'eau courante et en deviendra beaucoup plus saine, si elle n'est pas malfaisante par sa nature.

Nous ne venons de parler que des maisons peu considérables. Mais il est évident que la même Ducrétienne peut servir aux grandes maisons de campagne qui ont des basses-cours et des potagers. En effet la plus vaste basse-cour ne consomme pas 100 pieds cubes d'eau par jour. Il ne faut pas, pendant 4 mois seulement de l'année, plus de 2000 pieds cubes d'eau par semaine, ou à-peu-près 300 pieds cubes par jour pour arroser abondamment le potager le plus étendu. Ce volume réparti sur l'année entiere équivaut à 100 pieds cubes par jour, ajoutons-y 50 pieds cubes pour le service de la maison, on trouve qu'on n'a pas besoin au total de plus de 250 pieds cubes d'eau par jour, et c'est précisément ce que notre Ducrétienne actuelle, toute petite qu'elle est, fournit en terme moyen. Il ne reste donc plus pour s'assurer la fourniture réguliere de ce volume d'eau, si de son côté le puits est

en état de le fournir en terme moyen, qu'à construire un grand réservoir contenant la provision de 3 à 4 mois, c'est-à-dire, environ 30000 pieds cubes. Or, la construction d'un réservoir de 12 toises de longueur, de 6 toises de largeur, et de 2 toises de profondeur remplira cet objet.

Je ne puis finir cet article sans faire observer à tous les propriétaires de maisons isolées que la dépense premiere d'une si petite Ducrétienne, et d'une si petite roue à vent doit être peu considérable, que celle de son entretien annuel sera à-peu-près nulle; que sa durée sera presque éternelle, et qu'enfin la Ducrétienne étant une fois mise en place et livrée à elle-même, produira sans aucuns soins ni surveillance, tout le volume d'eau dont on aura besoin, de la même maniere que s'il était fourni par une source d'eau naturelle et intarissable. Je ne pense pas qu'il y ait un seul propriétaire qui ne se détermine, si ses facultés le lui permettent, à se procurer de si précieux avantages, sur-tout en considérant que la plus value qu'acquerra la maison fera plus que compenser la dépense premiere qu'il aura faite.

PARAGRAPHE XX.

Application de la Ducrétienne à la construction des canaux navigables.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

XLI. Tout le monde s'accorde à regarder la construction des canaux navigables comme une des plus puissantes causes de la prospérité de l'agriculture, mais personne n'a encore observé combien le mode actuel de cette construction lui est peu favorable.

L'Empire français contient actuellement au moins 120 millions d'arpents en culture. Tous les individus qui composent la population de ce vaste Empire ont par-tout les mêmes besoins, mais il s'en faut bien que le sol produise par-tout la multitude de denrées qui peuvent les satisfaire. Leur production varie à l'infini suivant la nature du terrain, sa fertilité, le degré de chaleur, et l'état habituel de l'atmosphere, d'où il résulte, à l'égard de chaque denrée particuliere, qu'il y en a toujours surabondance dans un lieu, et disette dans un autre. C'est donc la faculté de transporter les denrées des différents lieux

où elles abondent, dans les différents lieux où elles manquent, qui constitue essentiellement la prospérité de l'agriculture : car on ne cultive que ce qu'on peut vendre, et on ne peut vendre que ce qu'on peut transporter. Et puisque les différentes cultures sont séparées dans un si vaste Empire par de grandes distances, leur échange ne peut s'effectuer que par des transports d'une étendue considérable, laquelle, prise en terme moyen, doit être égale pour que l'échange soit complet, à la moitié de l'étendue totale de l'Empire, c'est-à-dire, pour la France, à 100 lieues au moins.

On ne doit pas estimer à moins de 12 quintaux le poids de la production brute d'un arpent. Le poids total de toutes les denrées territoriales produites par les 120 millions d'arpents en culture, est donc de *quinze cents millions de quintaux*.

Un cheval ne peut transporter sur de très-beaux chemins que 15 quintaux, et ne peut faire plus de 8 lieues par jour y compris un jour de repos sur 5 ou 6. Il lui faut donc 12 jours pour transporter 15 quintaux à 100 lieues de distance, et il ne peut transporter dans l'année que 450 quintaux, en supposant même qu'il fasse les retours en pleine charge ;

car s'il les fait à vide, il ne peut transporter que 225 quintaux. Et comme les chargements de retour ne peuvent être égaux aux chargements de départ, qu'il faut un temps considérable pour les compléter, et qu'on doit ajouter au transport des denrées territoriales, celui des pierres, des sables, de la chaux, en un mot de tout ce qui est nécessaire pour la bâtisse des maisons, et des ouvrages relatifs à l'agriculture, et celui des fumiers et engrais, on voit qu'il faudrait au moins *six millions de chevaux*, *et 12 à 15 cents mille charretiers*, pour effectuer le transport de toutes les denrées territoriales à la distance moyenne de cent lieues, *distance moyenne qui devrait nécessairement exister*, je le répete, pour que toutes les denrées surabondantes par-tout où elles peuvent être produites, pussent être vendues par-tout où elles manquent, ce qui constitue, comme je l'ai dit, et comme je ne puis trop le redire, le plus haut degré de prospérité que l'agriculture puisse atteindre.

Il est physiquement impossible d'employer une si grande quantité de chevaux et d'hommes, uniquement au transport des denrées, et par conséquent le gouvernement le plus éclairé et le plus paternel d'un aussi grand

Empire que la France, ne parviendra jamais, quelques soins qu'il prenne à cet égard, à porter l'agriculture à tout le degré de prospérité dont elle peut jouir, tant qu'il ne trouvera pas le moyen de substituer un autre mode de transport à celui qui a lieu par des routes de terre.

Tous les auteurs qui ont écrit sur l'économie politique s'accordent à évaluer à 2 milliards et demi de francs le prix des denrées territoriales brutes de l'Angleterre, et il résulte du compte rendu par M. de Montesquiou à l'Assemblée nationale, en 1790, que cette valeur était alors la même en France. L'étendue de l'Angleterre est cependant trois fois moins considérable ; son sol est moins fertile ; ses productions moins riches : pourquoi donc son agriculture est-elle proportionnellement trois fois plus productive? On en voit à-présent la raison. C'est que n'y ayant pas un seul point du territoire anglais qui soit à plus de 20 lieues d'un port de mer, la majeure partie des denrées, et particulièrement la masse immense du combustible, est transportée sur des vaisseaux ; c'est que le peu de circulation qu'il reste à effectuer se fait sur des canaux navigables d'une construction très-favorable à la facilité et à l'économie du

transport ; c'est que le prix de ce transport étant ainsi opéré presqu'en totalité par eau, est si bas, qu'il n'augmente pas assez le prix des denrées pour les empêcher d'être bien vendues à de grandes distances ; c'est que toutes les communications entre les fermes, les hameaux et les villages, s'effectuent sur des chemins de traverse aussi fermes et aussi roulants que nos plus belles grandes routes ; c'est qu'enfin le cultivateur étant assuré partout d'exporter et de vendre tout ce qu'il peut faire produire à la terre, applique tous ses soins, et parvient à lui faire produire tout ce qu'elle peut produire.

Il faut donc, pour que l'agriculture de la France soit aussi florissante que celle de l'Angleterre, trouver un mode de transport également favorable à la circulation des denrées : et comme le transport maritime ne peut avoir lieu que pour la dixieme partie de nos denrées, il faut chercher à établir dans tous les lieux éloignés de la mer, le seul mode de transport qui puisse remplacer le transport maritime, celui qui s'effectue sur des canaux navigables.

C'est une vérité si généralement sentie qu'on pourrait regarder au premier coup-d'œil comme superflue toute discussion ayant

pour objet son développement : cette discussion est cependant très-importante, parce que l'utilité des canaux est reconnue d'une maniere beaucoup trop vague, et qu'on est très-loin d'apprécier à sa juste valeur l'influence qu'a leur construction sur la prospérité de l'agriculture dans un État d'une grande étendue. On n'y regarde que comme simplement utile une navigation active, tandis qu'elle y est *indispensablement nécessaire*. C'est en vain qu'on y multipliera les grandes routes, et qu'on dépensera des capitaux considérables pour les rendre très-solides et très-roulantes ; on ne parviendra jamais par-là à procurer des avantages réels à l'agriculture. C'est une vérité sur laquelle il est d'autant plus essentiel d'insister que, pouvant paraître paradoxale au premier coup-d'œil, elle n'en est pas moins constante.

Puisque le territoire produit annuellement l'énorme masse de 15 cents millions de quintaux de denrées territoriales, on devrait voir toutes les grandes routes continuellement couvertes sur tous les points de leurs chargements, si elles servaient à les transporter à de grandes distances. Or, je le demande, trouve-t-on un seul chargement de denrées territoriales autre part qu'à proximité des

villes? et les points du territoire où les chargements ont été faits sont-ils éloignés de plus de 7 ou 8 lieues des villes pour lesquelles ils sont destinés? On ne peut donc douter que le transport par terre des denrées territoriales (à l'exception d'une partie de celles qui ont une haute valeur relativement à leur poids) ne soient par-tout circonscrit dans un étroit cercle de 15 ou 20 lieues tout au plus de diametre. Que résulte-t-il nécessairement de-là? que le sol très-fertile qui, dans la circonscription de ses transports actuels pourrait produire des denrées pour la consommation d'une circonscription d'un diametre double, et par conséquent d'une surface quadruple, n'en produit que le quart de ce qu'il pourrait produire, parce que le cultivateur, ne nous lassons pas de le répéter, ne fait produire que ce qu'il peut vendre, et ne peut vendre que ce qu'il peut exporter. On voit donc que les encouragements, les récompenses, la multiplicité et la beauté des routes, en un mot, toutes les mesures politiques qu'un gouvernement peut prendre pour favoriser l'agriculture, seront toujours infructueuses tant que le prix du transport ne sera pas d'abord incomparablement plus bas que le prix du transport par terre, et ensuite, le prix étant

aussi bas qu'il doit l'être, tant que les moyens de transport ne seront pas autant multipliés que l'exige l'énorme masse de denrées territoriales qu'il y a à transporter. Or, on est loin, comme on va le voir, de remplir ces deux conditions par le mode actuel de construction des canaux navigables.

On trouve dans l'histoire du canal du Midi par le général Andréossi, qu'il en coûterait six millions pour faire voiturer par terre le même poids et la même quantité d'objets qui, chaque année, sont transportés par le canal, et qui ne coûtent par cette voie que douze cent soixante mille francs.

Le prix du transport par terre peut être estimé à deux sols le quintal par lieue. Le canal du Midi ayant environ 60 lieues de longueur totale, le prix du transport par terre qui se ferait sur cette longueur comptée, comme de raison, à moitié, pour avoir une distance moyenne, serait de trois francs. Ainsi le calcul du général Andréossi prouve que la somme des transports faits sur le canal du Midi est tout au plus de deux millions de quintaux. Supposons à présent que le transport fait sur le canal soit tout en denrées territoriales de propriétés riveraines, quoiqu'il n'y en ait tout au plus que la moitié. Voilà

donc un canal de 60 lieues de longueur qui sert à la circulation de deux millions de quintaux de denrées territoriales. Mais l'Empire en produit quinze cents millions de quintaux : il faudrait donc *sept cent cinquante canaux semblables au canal du Midi*, pour opérer l'entiere circulation de toutes les denrées territoriales. Or, le génie le plus créateur n'en peut pas construire plus de douze ou quinze pendant toute la durée d'une longue vie. Ce mode de transport ne peut donc procurer tout au plus que la cinquantieme partie de l'active circulation des denrées territoriales qui serait nécessaire pour porter l'agriculture à tout le degré de perfection qu'elle peut atteindre. Ainsi, non-seulement ce mode est insuffisant pour remplir le principal objet de la construction des canaux navigables, mais on peut dire que l'effet qu'il produit à cet égard est presque nul.

Ce n'est pas tout : je dis en outre que quand bien même la masse entiere des transports sur les canaux serait possible par le mode actuel de leur construction, le haut prix du transport actuel, résultant de ce mode, serait encore un obstacle insurmontable. C'est ce que le calcul du général Andréossi va prouver.

Il nous apprend que le prix du transport

par les canaux actuels, comparé à celui du transport par terre, est dans le rapport de 1260 à 6000, ou de 1 à $4\frac{1}{4}$. C'est sur le pied de 5 deniers le quintal par lieue, puisque celui du transport par terre est de 2 sols.

Or le propriétaire vend sur le pied de 4ᴴ 10ˢ tout au plus, la voie de bois, mesure de Paris, pesant 15 quintaux. C'est à raison de 6ˢ le quintal. Ainsi le prix du bois à brûler transporté sur les canaux actuels à une distance de 14 à 15 lieues, double de valeur. Il serait donc à-peu-près *douze fois plus cher*, transporté à la distance moyenne de 100 lieues que nous avons déterminée.

Le foin transporté à la même distance, serait 15 ou 20 fois plus cher.

Le surhaussement de tous les matériaux servant à la construction des maisons suivrait une proportion encore plus forte.

Enfin le prix du transport à 5 deniers le quintal par lieue, éléverait à une si haute valeur tous les engrais naturels qui abondent assez dans de certains lieux pour fertiliser des provinces entieres, que leur transport au-delà d'une distance de 5 ou 6 lieues devient impraticable; et l'agriculture est privée, dans une infinité de cantons, de son plus puissant moyen de fécondation.

Cet exposé rapide suffit pour prouver que le prix du transport actuel sur les canaux est beaucoup trop élevé, et que ce ne peut être qu'en parvenant à le baisser considérablement, à le réduire, par exemple, au taux d'un denier le quintal par lieue, qu'on retirera de la construction des canaux navigables tous les avantages qu'on en doit attendre.

Tout cela est confirmé par le détail même des objets transportés sur le canal du Midi. On n'y trouve comme denrées territoriales que le blé et le vin, mais sur-tout le blé qui constitue à lui seul la majeure partie des transports. Sans doute le blé est une denrée dont il est très important de procurer une circulation aussi active que possible. Mais c'est une grande erreur de croire que la circulation restreinte à cette seule denrée suffise pour l'amélioration de l'agriculture. Le prix total des denrées territoriales de l'ancienne France s'élevait à deux milliards cinq cents millions de francs, et le blé entrait à-peu-près pour moitié dans cette valeur. Mais puisque cette quantité de blé suffisait, et au-delà, à la consommation, le perfectionnement de l'agriculture devait avoir bien moins pour objet d'augmenter la production d'une denrée suffisamment abondante, que de doubler et

tripler la masse des autres denrées propres à compléter la félicité publique, en ajoutant une douce aisance à la stricte nourriture.

Cette marche à suivre pour le perfectionnement de l'agriculture, est confirmée par l'exemple de l'Angleterre. La consommation du pain y est beaucoup moins considérable qu'en France, ce qui peut être regardé comme une compensation à la plus grande exportation de blé qui peut y être faite. Ainsi on peut établir que les quantités de blé produites dans les deux pays sont proportionnelles aux populations respectives. L'Angleterre doit donc produire trois fois moins de blé que l'ancienne France, puisqu'elle est trois fois moins peuplée. Mais la valeur du produit territorial, ainsi que nous l'avons observé plus haut, est la même dans les deux pays. On voit donc que tandis que la valeur de toutes les denrées territoriales constituant l'aisance publique, n'est en France que la moitié de la valeur du produit territorial entier, elle en est en Angleterre les cinq sixiemes. Il résulte de là, comme je viens de le dire, qu'il est inutile de chercher à augmenter la production du blé en France, puisqu'elle est suffisante; et que ce ne sera que lorsqu'on aura prodigieusement augmenté la production de toutes les autres denrées

territoriales, ou leur circulation, qu'on procurera une grande aisance générale. Il faudrait que cette production ou cette circulation fût triplée pour que la masse générale du peuple français fût aussi bien nourrie, aussi bien vêtue, aussi bien logée que la masse générale du peuple anglais.

La nourriture est sans doute le premier besoin d'un peuple : le blé en est la base, et c'est en conséquence une denrée dont un transport facile doit par-tout assurer l'abondance. Mais on ne fait point attention que tous les terrains étant propres à la culture du blé, et que les spéculations des cultivateurs ayant principalement pour objet sa culture, cette culture se trouve disséminée sur toute la surface du territoire dans un rapport assez juste avec les besoins de toutes les populations locales, de sorte que le transport des neuf dixiemes de cette denrée ne se fait pas à une distance de plus de 7 ou 8 lieues, et qu'il n'y en a qu'une très-petite partie qu'on se trouve dans le cas de transporter à des distances considérables.

Il n'en est pas de même des autres denrées. La nature se refuse entièrement dans des provinces entieres à la production du vin, du lin, du chanvre, du fourrage, des huiles,

du bois, et d'une foule d'autres denrées dont la consommation, sans être d'une nécessité aussi indispensable que celle du blé, constitue essentiellement l'aisance publique. Ce sont donc toutes ces denrées dont il faut principalement favoriser une circulation très-active.

Soixante millions de septiers de blé suffisent à la consommation de la nombreuse population actuelle de l'Empire. La masse totale de cette denrée pese 150 millions de quintaux, c'est-à-dire, la dixieme partie seulement de ce que pese la masse totale de toutes les denrées. Ce n'est pas tout : comme les neuf dixiemes de la masse totale du blé se consomment dans une circonscription de terrain qui n'a pas plus de 7 ou 8 lieues de rayon ; comme en vertu de la haute valeur du blé relativement à son poids, son transport par terre à une si petite distance n'en surhausse que très-peu son prix intrinseque ; qu'on ne doit en conséquence regarder comme vraiment utile que le transport par eau de la dixieme partie seulement de cette denrée ; que cette dixieme partie n'égale pas en poids la centieme partie de la masse de toutes les autres denrées ; que le bas prix intrinseque de la majeure partie de celles-ci est cause qu'on ne peut apporter

trop de soin pour diminuer le prix de leur transport, même à de faibles distances; comme enfin elles sont toutes disséminées sur le territoire d'une maniere si inégale, que c'est à de grandes distances qu'elles ont besoin d'être transportées pour contribuer efficacement à l'aisance publique, il est évident que la facilité du transport des grains est la plus faible des considérations qui doivent déterminer la construction de canaux navigables.

Ce n'est pas tout encore. Le sol le plus fertile a besoin d'engrais. Les fumiers ne constituent pas la dixieme partie de celui qui serait nécessaire, et il serait essentiel d'y suppléer par les engrais naturels qui surabondent dans de certains lieux tandis qu'ils manquent entièrement dans d'autres. Or, ici le prix du transport constitue presqu'à lui seul le prix intrinseque. En supposant que chaque arpent cultivé n'exigeât annuellement, l'un portant l'autre, que deux quintaux de cette espece d'engrais, la consommation serait en tout de 240 millions de quintaux. Si le prix du transport était de 5 deniers le quintal, prix du transport sur les canaux actuels, le transport total de la quantité nécessaire des engrais naturels, à la distance moyenne de 100 lieues, coûterait 500 millions, c'est-à-dire, égalerait

presque la moitié de la valeur des productions. Les engrais ne peuvent donc pas être transportés aux distances convenables par le mode actuel de construction des canaux navigables. Pour qu'ils puissent l'être, il faut absolument un autre mode d'où résulte, comme je l'ai dit, un prix 4 ou 5 fois plus bas.

Le même raisonnement s'applique au transport des pierres, de la chaux, du plâtre, de la brique, de la tuile, et de tous les matériaux nécessaires à la bâtisse.

Voilà pourquoi, malgré la fertilité reconnue de notre sol, les terres ne rapportent pas en France, en terme moyen, plus de 5 pour 1, tandis qu'elles devraient rapporter 12 ou 15. Voilà pourquoi tous nos villages et hameaux de l'intérieur sont bâtis de boue et de paille hachée ; pourquoi la majeure partie de nos fermes manque de bâtiments nécessaires à leur exploitation ; pourquoi ces jetées et terrassements qui servent à l'assèchement des terrains marécageux, sont si rares ; pourquoi toutes les routes traversieres dont la solidité est le premier élément de la richesse de l'agriculture, sont si mauvaises. Rien de tout cela n'existe en Angleterre, parce que le transport par eau s'y fait à un prix 5 ou 6 fois plus bas.

Il est donc incontestable que pour que la construction des canaux navigables ait sur la prospérité de l'agriculture toute l'influence qu'elle doit avoir, il faut absolument que le prix définitif du transport n'excede pas un denier le quintal par lieue. Alors, toutes les denrées territoriales, celles du plus bas prix comme celles de la plus haute valeur, pourront circuler d'une extrémité de l'Empire à l'autre ; alors plusieurs millions d'arpents de forêts dont le bois pourrit sur pied faute de débouchés, s'exploiteront, et ouvriront une source abondante de nouvelles richesses; alors une foule de terrains humides et marécageux couverts d'une eau croupissante et infecte se convertiront en de riches prairies dont les produits exportés au loin, faisant succéder l'aisance à la misere, couvriront bientôt de nombreux habitants des provinces entieres actuellement presque désertes; alors la marne, la chaux, la glaise, le sable, le fumier, toutes les matieres, en un mot, servant à l'engrais des terres, seront transportées à de grandes distances des lieux où elles sont inutiles par leur surabondance aux lieux où elles manquent, et les terres étant par-tout convenablement amendées, doubleront, tripleront de produit; alors la pierre, la brique, la chaux, le plâ-

tre, le bois de charpente, affluant de tous côtés sur tous les points du territoire, tous les cultivateurs devenus riches, remplaceront leurs misérables demeures actuelles par des habitations saines et commodes; alors, enfin le héros restaurateur de la France pourra remplir efficacement le grand but vers lequel sa pensée est dirigée sans cesse au milieu de ses triomphes, celui d'opérer et d'assurer sur une base inébranlable la félicité publique du vaste Empire qu'il a créé.

PARAGRAPHE XXI.

Digression sur la félicité publique.

XLII. Toute cette discussion prouve que le gouvernement doit avoir pour but dans la construction des canaux navigables, bien moins la circulation des denrées territoriales nécessaires à la stricte subsistance, (parce qu'elle est à-peu-près assurée par-tout), que la circulation de cette foule immense de denrées de toutes natures, dont la consommation immédiate, l'emploi, et la fabrication produisent l'aisance publique. Car ce n'est point une population nombreuse, mais heureuse, qui constitue la force d'un Empire, ou, pour parler plus juste, la population

n'est jamais arrêtée que par la misere publique, et s'accroît toujours par l'aisance générale: On ne peut être que trompé par une apparence illusoire, lorsqu'on regarde comme nombreux un peuple qui n'a que du pain pour nourriture, qui n'est couvert que de haillons, qui n'habite que des repaires infects. Procurez-lui une nourriture abondante et saine, des vêtements propres et chauds, des habitations salubres et commodes, et soyez certain, quelque nombreux qu'il paraisse, qu'une population double ou triple sera promptement le résultat nécessaire de la félicité publique.

Ce n'est point en effet la fertilité du sol, la beauté du climat, la nature du gouvernement, c'est la félicité publique seule qui produit une forte population.

Ce n'est point la fertilité du sol, car la Hollande nourrit une population extrêmement nombreuse sur un territoire stérile.

Ce n'est point la beauté du climat, car les campagnes de la Grece, et de toutes les îles de la mer Égée, si peuplées jadis, sont aujourd'hui désertes.

Ce n'est point la nature du gouvernement, du moins dans le sens qu'y attachent ceux qui le croient, car la Chine, soumise au gou-

vernement le plus despotique, contient une surabondance de population qui a besoin d'être aussi constatée qu'elle l'est, pour ne pas être regardée comme fabuleuse.

C'est donc uniquement lorsqu'il est heureux que la population d'un peuple peut s'accroître. Ce précieux accord entre la félicité publique, et une population nombreuse est un principe d'une trop haute importance, pour qu'on ne me permette pas de lui donner ici quelques développements par une discussion qu'on verra d'ailleurs être moins étrangere à mon sujet qu'on ne sera d'abord porté à le croire:

Ce n'est pas en exaltant les peuples par des idées morales, mais en satisfaisant leurs besoins physiques, qu'on les rend heureux. Soulage-t-on la misere d'un malheureux mourant de faim, en lui offrant un habit galonné? Dans tous les Etats de l'Europe, excepté l'Angleterre, la Hollande, et quelques provinces du Dannemarck, le peuple est mal nourri, mal vêtu, mal logé. Or, le mal physique est toujours réel, tandis que le bonheur moral est souvent imaginaire. C'est donc de leur aisance, et non de leur liberté qu'il faut entretenir les peuples. *La poule au pot* de notre bon Henri est un mot aussi politique que pa-

ternel. C'est uniquement dans la sagesse de son administration, et nullement dans la forme dont il est revêtu, que consiste la bonté d'un gouvernement. Il y a autant de liberté comme de vrai bonheur sous le despotisme danois, que sous le prétendu républicanisme anglais. Cette liberté y a constamment existé sous sept regnes et quarante ministeres consécutifs, et elle y existera vraisemblablement encore pendant plusieurs siecles; tandis que par la nature même des institutions, elle ne peut manquer d'être bientôt détruite en Angleterre.

Ce dernier pays est depuis un siecle l'objet des déclamations de tous nos écrivains, et ancun d'eux n'a observé qu'il y avait à cet égard une distinction importante à faire entre l'administration et le gouvernement. C'est l'administration qui fixe le sort d'un peuple: c'est le gouvernement qui regle l'administration. Mais si l'administration est bonne, ne faut-il pas que le gouvernement qui l'a établie, la maintienne? Les administrations danoise et britannique sont également bonnes puisqu'elles produisent également la félicité publique : mais si par leurs natures, le gouvernement danois est essentiellement modéré, et le gouvernement anglais, essentiellement

ambitieux, la sagesse de l'un n'est-il pas le garant constant de la longue durée de sa bonne administration, et l'effervescence de l'autre, la cause sans cesse menaçante de son renversement?

Une nation nombreuse dont l'existence ne peut être maintenue que par la pratique constante d'une foule d'arts utiles, doit être entièrement assimilée à ces grandes manufactures dans lesquelles l'idée du travail est identique avec celle du bonheur. Un seul chef investi du pouvoir absolu imprime le mouvement général par la seule action de sa volonté arbitraire : un petit nombre de commis surveille l'exécution de ses ordres : une multitude d'ouvriers, remplissant chacun avec soumission la tâche qu'ou lui impose, complette l'objet de la manufacturation. Le chef peut sans doute commettre quelques injustices; ses surveillants peuvent le tromper; des ouvriers renvoyés sans raisons légitimes, peuvent être réduits à la misere : voilà des malheurs inévitables parce qu'aucune institution humaine ne peut être parfaite. Mais combien de malheurs plus grands ne sont-ils point à craindre si la volonté du chef cesse d'être absolue ! Si chaque surveillant peut interpréter l'ordre qu'il reçoit ! Si les ouvriers

peuvent délibérer entre eux sur la nature du travail qu'on leur ordonne, ou sur la quotité du salaire qu'il mérite !

Eh ! qu'on ne cite pas comme un point de dissemblance dans la comparaison que j'établis, l'intérêt qu'a le chef de la manufacture à bien administrer. Le souverain absolu n'a-t-il pas le même intérêt à gouverner sagement? Cet intérêt n'est que trop souvent méconnu, j'en conviens, chez les nations ignorantes et barbares : mais peut-il l'être désormais chez les nations européennes, si éclairées aujourd'hui par les lumieres d'une philosophie sage et bienfaisante ? L'autorité d'un souverain ne peut plus devenir vexatoire que lorsqu'elle sera contestée, parce que l'homme étant plus vain que méchant, est plus porté à obtenir de force le pouvoir qu'on lui refuse, qu'à abuser de celui qu'on lui accorde. Aussi eston forcé de convenir que l'augmentation graduelle de la félicité publique de tous les peuples de l'Europe, a été constamment depuis plusieurs siecles le résultat de l'augmentation graduelle du pouvoir monarchique.

Mais quittons ces considérations morales pour en revenir aux considérations purement physiques. La nécessité du travail est la seule base du contrat social. Or, pour que le tra-

vail s'effectue il faut que mille bras agissent, et qu'une seule volonté dirige. Si la masse du travail exige des millions de bras, il faut quelques centaines de volontés dirigeantes : mais elles divergent inégalement, s'entrechoquent, se brisent, si elles n'émanent pas toutes d'une seule et même volonté comme d'un centre. Ce vaste Univers n'est éclairé et vivifié que par un seul soleil, n'est gouverné que par une seule suprême intelligence.

La félicité publique n'est sans doute que la somme de toutes les félicités individuelles. Mais celle de l'homme condamné au travail est toute matérielle, parce que le repos est le prix de la peine : celle de l'homme qui dirige est en même-temps matérielle et morale, parce que l'habitude de commander en étend le desir. C'est intervertir l'ordre social que d'offrir des jouissances morales à celui qui ne doit être occupé que d'un travail mécanique. Il ne faut pas qu'il délibere, il faut qu'il agisse. S'il acquiert des connaissances pour délibérer, un travail nécessaire est perdu. S'il n'en acquiert pas, peut-il délibérer avec sagesse ?

On ramene difficilement à un avis commun un petit nombre d'hommes éclairés discutant sur une matiere que chacun d'eux a séparé-

ment approfondie : comment y ramener une multitude ignorante? Elle ne peut que suivre l'impulsion des passions qui l'animent. Les passions produisent le désordre, et le désordre les dissensions intestines. Voilà pourquoi le fléau des guerres extérieures était le seul état de paix des républiques anciennes. Les Romains s'égorgeaient quand ils suspendaient leurs conquêtes : quand ils n'ont plus eu de royaumes à conquérir, la république a cessé d'exister.

Les anciennes républiques ont été souvent citées comme des modeles pendant le funeste rêve de l'égalité, et personne n'a observé que dans l'Attique, la Laconie, dans toutes les républiques grecques, à Rome même, on comptait un homme libre contre vingt esclaves. On avait donc compris, dans ces prétendus temps de liberté, que la masse du peuple vouée nécessairement au travail, devait être exclue de toute influence dans le gouvernement.

Mais puisqu'on avait reconnu que cette influence devait être si prodigieusement limitée, pourquoi, sur une population de cinq cents mille habitants que contenait l'Attique, l'avait-on concentrée dans une population de vingt mille individus, plutôt que dans une

population de mille, de cent? plutôt que de l'avoir accordée exclusivement à un seul? Chose étrange! les écrivains ne parlent qu'avec enthousiasme de la liberté qui regnait à Athenes et à Rome, où les lois resserraient sans cesse les liens de l'esclavage le plus rigoureux, et déclament avec virulence contre l'oppression sous laquelle on gémit à Pétersbourg et à Copenhague, où le souverain n'est occupé que du soin d'adoucir et même de supprimer la servitude!

Osons le dire : le peuple est né pour la servitude, parce qu'il est né pour le travail, et que la nécessité du travail est une servitude. Ainsi ce pouvoir absolu qu'on paraît tant redouter, n'en est pas moins, en derniere analyse, le principe constituant de tout gouvernement quelconque, parce qu'il faut toujours que plusieurs millions d'hommes travaillent, et que quelques centaines seulement dirigent. Or, le régime politique ne differe en rien du régime militaire. Il n'y a plus de travail d'un côté, comme il n'y a plus de discipline de l'autre, si le raisonnement est permis à ceux qui doivent exécuter, et si la hiérarchie de subordination est interrompue entre ceux qui doivent ordonner. La soumission doit être absolue de rang en rang

dans l'ordre politique, comme de grade en grade dans l'ordre militaire, jusqu'au chef suprême dont la seule volonté doit être indépendante. Supprimez cette soumission, modifiez-la seulement, et vous appellez l'anarchie, ou vous portez à la révolte. En un mot, obéissance d'un côté, justice et protection de l'autre, voilà le seul principe constituant de l'Etat comme de l'armée.

La modification du pouvoir absolu d'un seul a été essayée de mille manieres depuis l'origine des sociétés, et toujours les tentatives ont été infructueuses ou funestes. La raison en est simple : point de gouvernement sans volonté, point de volonté sans pouvoir absolu. Or, diviser ou limiter le pouvoir absolu, c'est l'anéantir. Si toutes les volontés des co-partageants au pouvoir absolu sont les mêmes, la division est inutile. Si elles sont en opposition, comment se flatter d'en former une volonté commune, lorsque l'on voit la difficulté de ramener à un même avis, où chacun a intérêt qu'il soit sage, trois avis différents?

Toute division ou limitation de pouvoir établit une lutte; toute lutte ouvre la porte à l'anarchie; et l'anarchie est le fléau destructeur de tous les gouvernements.

Si la lutte est réelle, comme dans les anciennes républiques, l'anarchie est permanente. Le fléau des guerres extérieures peut bien voiler le fléau des guerres intestines : mais point de milieu pour les gouvernements républicains : il faut absolument de deux choses l'une, ou qu'ils déchirent les autres nations par leurs conquêtes, ou qu'ils se déchirent eux-mêmes par leurs révolutions.

Si la lutte est fictive, comme en Angleterre, le pouvoir absolu d'un seul s'obtient alors par la corruption, et le bien qu'il produit est précaire, parce que la nation peut cesser de se vendre. C'est un grand malheur, sans doute, pour un Etat, que tous les genres de mérite et de talents y aient une valeur numéraire; car l'énergie que produisent les sentiments généreux est incompatible avec la cupidité. Mais ce serait un bien plus grand malheur encore pour la Grande-Bretagne, si au lieu d'y vendre le droit de résister au pouvoir absolu, on entreprenait d'en user. Le parlement deviendrait la Convention; la tour de Londres, le Temple ; et il ne manquerait à la comparaison pour être parfaitement juste, qu'un héros restaurateur.

On prétend compenser toutes les calamités auxquelles on est forcé de convenir que les

gouvernements républicains donnent ouverture, par l'éclat des talents et des vertus qu'ils développent, en paraissant croire que l'avilissement des peuples est l'effet nécessaire de l'institution du pouvoir absolu d'un seul. Mais d'abord, n'avons-nous pas, en ne choisissant les exemples que dans notre monarchie, à opposer aux plus grands hommes de l'antiquité; Charlemagne, Louis IX, plusieurs Montmorency, Bayard, Henri IV, Sully, Coligny, Turenne, Catinat, Fénélon, d'Aguesseau, Malesherbes, et une foule d'autres? La vertu dans les temps modernes n'est-elle même pas dépouillée de cette férocité ou de cette exagération qui la dégrade ou la dénature si souvent dans les temps anciens?

Et d'ailleurs la vertu des citoyens dans les républiques, n'a-t-elle pas eu constamment pour unique cause, leur pauvreté? Les mœurs de l'opulente Athenes n'étaient-elles pas absolument semblables à celles de Paris; celles de Rome ne se sont-elles pas toujours constamment altérées, à mesure qu'elle s'enrichissait des dépouilles du monde?

Ce n'est point la forme du gouvernement, ce sont les richesses seules qui corrompent les mœurs, et l'on voit encore en cela une nouvelle preuve de l'inperfection des institutions

humaines. Les richesses, quoiqu'elles corrompent également les républiques et les monarchies, sont cependant nécessaires sous ces deux formes de gouvernement, parce que c'est leur accroissement qui produit l'accroissement du travail, et que c'est l'accroissement du travail qui produit l'accroissement de la félicité publique. Mais il est très-remarquable que les républiques une fois corrompues, le sont sans ressource, tandis que les monarchies conservent toujours la faculté de renaître à la vertu. Ainsi, Rome n'a jamais pu sortir de l'avilissement où l'ont précipitée ses richesses, tandis que la France corrompue sous le regne des Mignons, frappée de stupeur sous le despotismes de deux prêtres, avilie par les mœurs efféminées du dix-huitieme siecle, s'est relevée pleine d'honneur, d'énergie et de gloire sous les regnes d'Henri IV, de Louis XIV, et de Napoléon.

Cette observation que je crois nouvelle, suffirait seule pour prouver la supériorité du gouvernement monarchique absolu sur le gouvernement républicain. La mollesse ou l'impéritie d'un souverain ne jette une nation que dans un avilissement passager, parce qu'elles ne font que détendre, sans les rompre, les ressorts de l'honneur et de la gloire. Cette

noble ambition qui porte aux grandes choses, n'est point éteinte, elle n'est qu'engourdie: que l'énergie et la vertu reparaissent sur le trône, aussitôt tous les citoyens sortent de leur léthargie, les esprits s'électrisent, toutes les ambitions individuelles s'enflamment, et les faveurs qu'elles obtiennent n'émanant que du souverain, la monarchie se releve plus brillante de gloire et plus puissante qu'auparavant. Il n'en est point de même de l'avilissement d'une république; l'intérêt des citoyens qui l'ont opprimée est d'empêcher qu'elle se releve; c'était le sacrifice constant de leur ambition qui faisait sa gloire et sa force; cette ambition a obtenu des jouissances qu'elle veut conserver : on ne peut plus fléchir sous le joug de la soumission lorsqu'on a goûté les douceurs de l'indépendance.

Mais, dira-t-on, combien de désordres particuliers n'occasionnent point les passions personnelles d'un souverain, lorsqu'investi d'un pouvoir absolu, aucun frein ne peut les retenir? Je réponds d'abord à cela que ces abus d'autorité contre lesquels les écrivains modernes ont tant prodigué les déclamations, ne sont rien en comparaison des mêmes abus d'autorité sous les gouvernements républicains. Comptez le nombre des victimes sacri-

fiées en France sous le regne le plus arbitraire aux passions du souverain et de ses ministres, et à Athenes, aux passions et aux caprices des gouvernants et du peuple; calculez ensuite la diminution à faire sur le premier nombre à raison d'une population mille ou quinze cent fois plus nombreuse, et vous trouverez cent fois plus de victimes sous le gouvernement républicain, que sous le gouvernement monarchique.

J'observerai ensuite qu'il n'y a plus depuis long-temps, et qu'il ne peut plus y avoir désormais de Néron ni de Caligula, du moins chez les nations chrétiennes. Quelques emprisonnements et quelques exils arbitraires, quelques actes de séduction ou de violence sont un mal sans doute: mais n'y a-t-il pas une injustice évidente à insister autant sur le très-petit nombre de désordres produits par les passions d'un seul individu, lorsque les bonnes lois qui ne peuvent émaner que de lui seul, imposent un frein salutaire aux passions d'un million d'autres individus? Faut-il renverser la digue qui préserve une province de l'inondation parce que quelques gouttes d'eau s'échappent par-dessus ses bords? Et d'ailleurs, des milliers de magistrats suprêmes au lieu d'un seul, ne seraient-

ils pas animés des mêmes passions, et investis du même pouvoir pour les satisfaire ?

C'est l'acception fausse dans laquelle a été prise le mot *despotisme* qui a rendu odieux le pouvoir absolu d'un seul. Nous avons ici, comme les anciens, confondu la tyrannie avec la royauté. Le despotisme n'a rien d'odieux par lui-même; uni à la sagesse, il faut le benir, l'adorer : c'est le gouvernement de l'Être-suprême. Nous ne devons le haïr que lorsqu'il est uni à l'ignorance et à la superstition : et alors, il est également odieux soit qu'il prenne la forme républicaine, comme à Alger, soit qu'il prenne la forme monarchique, comme à Maroc.

Le plus célebre de nos écrivains politiques, en distinguant trois natures différentes de gouvernement, a prétendu établir pour chacun un principe conservateur, et il a assigné la crainte comme celui du despotisme. En voyant le soin qu'il prend à développer cet étrange principe, on croirait presque qu'il a voulu fonder une école de tyrannie propre à former des Néron et des Caligula. Il a raison cependant s'il a entendu parler des gouvernements de Constantinople ou d'Achem, sous lesquels la superstition la plus féroce est forcée d'obéir à l'ignorance la plus dégradante. Mais s'il est

question des gouvernements d'Europe sous lesquels une religion douce et bienfaisante prêche la soumission aux gouvernés, et éclaire les gouvernants sur leurs devoirs, il faut bannir ces subtiles distinctions de vertu sans honneur, d'honneur sans vertu, de patriotisme d'un côté, de terreur de l'autre, et dire que tous les gouvernements, quelles que soient leurs formes, n'ont qu'un seul et même principe conservateur, *l'amour du peuple*, parce qu'ils n'ont qu'un seul objet légitime, *son bonheur.* Eh ! comment le souverain investi du pouvoir le plus absolu pourrait-il perdre de vue cet heureux principe, quand c'est précisément son application qui constitue essentiellement sa puissance? Quand l'accroissement de la population étant le résultat nécessaire de l'accroissement de la félicité publique, il acquiert plus de sujets par une administration sage qui le fait combler de bénédictions, que par des conquêtes qui font verser d'autant plus de larmes qu'elles sont plus étendues et plus brillantes?..... J'étais sorti de mon sujet; ces réflexions sur les heureux effets d'une bonne administration m'y ramenent.

PARAGRAPHE XXII.

Continuation des considérations générales sur les canaux.

XLIII. Pour qu'un peuple soit heureux il faut qu'il soit bien nourri, bien vêtu, bien logé; il faut donc qu'il puisse se procurer par-tout les denrées territoriales qui constituent sa nourriture, qui servent à la fabrication de ses vêtements, à la construction de ses maisons. Ces denrées sont très-surabondantes dans certains lieux, et très-rares dans d'autres; il faut donc faciliter leur circulation. La masse de ces denrées est énorme; il faut donc que la circulation soit très-active. Enfin il y a une très-grande disproportion entre le volume et le poids de la plupart d'entre elles, et leur prix intrinseque; il faut donc que le prix de leur transport soit très-bas, pour que son addition au prix intrinseque ne les surhausse pas au point de les rendre invendables. Ainsi, c'est le très-bas prix du transport des denrées, qui assure leur vente; c'est leur vente qui assure leur production; c'est leur production qui assure leur abondance; c'est leur abondance qui procure l'aisance générale; c'est l'aisance gé-

nérale qui produit une population nombreuse ; c'est enfin une population nombreuse qui constitue la force et la puissance d'un Empire : c'est donc, en dernière analyse, le très-bas prix du transport qui procure à un gouvernement tout le degré de puissance auquel il peut parvenir par les seules ressources de son territoire.

XLIV. Il est bien prouvé que ce n'est que par la voie des canaux navigables qu'on peut se procurer un prix de transport assez bas pour obtenir les heureux résultats qu'on vient d'exposer. Mais ne perdons pas de vue qu'il faut à cet effet non seulement que le prix du transport par eau soit réduit au quart ou au cinquieme de ce qu'il est actuellement, mais encore que la circulation sur les canaux soit incomparablement plus active. Car nous avons démontré plus haut que si elle restait dans son état présent, il faudrait sept ou huit cents canaux semblables à celui du Midi, c'est-à-dire, qu'il en faudrait une longueur développée quadruple au moins de celles des routes de terre, pour procurer au degré d'activité qu'elle doit avoir, la circulation de la seule masse actuelle de nos denrées territoriales, et il en faudrait même le double et le triple pour doubler et tripler cette masse,

comme il est incontestable qu'on peut y parvenir. Or, une si immense quantité de canaux est évidemment illusoire. Il faudrait donc, s'il était possible dans le mode actuel de leur construction d'abaisser le prix du transport autant qu'il doit l'être, il faudrait, dis-je, augmenter la masse des transports dans une proportion très-forte, la quadrupler ou la quintupler, par exemple, afin que la diminution dans le nombre des canaux ne fît rien perdre sur la quantité des transports qu'on a à faire. Or, je dis à présent que cela est physiquement impossible.

En effet le canal du Midi dépense environ six cent mille pieds cubes d'eau par jour pour le service de sa navigation, et tel est en effet le volume d'eau assigné par les ingénieurs pour le service d'un bon canal navigable construit par les procédés actuels : l'on sait qu'il est déja si difficile de trouver ce volume d'eau aux lieux élevés où le mode actuel de construction des canaux exige que soient placés leurs points de partage, que la seule dépense qu'il a fallu faire au canal du Midi, pour se le procurer, a presque égalé la dépense de toutes les autres constructions. Si telle est déja l'insuffisance du volume d'eau dont on a besoin, à plus forte raison faut-il

renoncer à l'espoir d'en trouver un incomparablement plus considérable pour augmenter au point convenable l'activité de la circulation.

Il est temps de me résumer et de conclure.

PARAGRAPHE XXIII.

Résumé des considérations générales.

XLV. Je n'ai si fortement et si longuement insisté sur les considérations générales relatives à l'utilité des canaux, avant d'avoir exposé un seul principe de leur construction, que parce que cette utilité, comme je l'ai dit, est reconnue d'une maniere beaucoup trop vague. Le gouvernement fait de très-grands efforts, et consacre des capitaux immenses à l'ouverture de canaux sur différents points du territoire, et il est fâcheux de le dire, mais la vérité l'exige, les avantages qui en résulteront seront à peine sensibles. Si le canal du Midi était consacré en totalité à la circulation des denrées territoriales, il ne produirait en faveur de l'agriculture, suivant même le calcul du général Andréossi, qu'un bénéfice de quatre millions et demi. Ainsi, en estimant à trois milliards le produit territorial actuel, l'accroissement de

prospérité qu'il peut procurer à notre agriculture, n'est pas d'un six-centième : il faudrait donc six cents canaux semblables pour que leur influence doublât, comme on ne peut douter que cela est possible, notre produit territorial.

J'ai déja dit que le produit territorial brut de l'Angleterre vaut deux milliards cinq cent millions. Supposons que la manufacturation triple ce produit et le porte à sept milliards cinq cents millions. La population de l'Angleterre est composée d'environ sept millions cinq cents mille habitants. Il en résulte que le revenu moyen de chaque individu est en Angleterre de mille francs.

Notre produit territorial brut actuel est de trois milliards. Supposons de même qu'il soit triplé par la manufacturation. Comme notre population est de trente millions d'habitants, il en résulte un revenu moyen de trois cents francs par individu. Chaque individu français est donc trois fois plus pauvre que chaque individu anglais, et voilà pourquoi la moitié de notre population répartie sur les campagnes est si mal nourrie, si mal vêtue, si mal logée, tandis qu'elle l'est si bien en Angleterre.

Quelle est la cause d'une différence si dé-

savantageuse pour nous? Ce n'est assurément ni la moindre fertilité du sol, ni le défaut d'industrie, auxquelles il faille attribuer une agriculture trois fois moins productive. C'est uniquement parce que le haut prix du transport des denrées s'oppose à leur circulation. Or, deux ou trois cents lieues de canaux feront bien circuler plus activement la centieme partie tout au plus des denrées, et pourra augmenter notre population de deux ou trois cent mille ames. Mais cette augmentation n'est rien auprès de ce qu'elle pourrait être. Au lieu de deux ou trois cents lieues de canaux, trouvez le moyen d'en construire dix ou douze mille; couvrez en notre fertile territoire d'une quantité proportionnellement égale à celle dont est couvert le territoire ingrat de la Hollande; alors vous assurez la circulation de la totalité des denrées territoriales, au lieu de la centieme partie seulement, et le résultat nécessaire d'une si grande opération sera peut-être, à l'expiration d'une assez courte période, de doubler en même temps et la population, et l'aisance générale, en doublant seulement l'une et quadruplant l'autre.

Ce n'est donc qu'en parvenant à couvrir le territoire entier de l'Empire d'une multitude

pour ainsi dire infinie de canaux, se croisant dans tous les sens, et substituant par-tout au transport par terre un transport par eau dont le prix soit vingt fois plus bas, qu'on parviendra au degré complet de prospérité qu'on doit avoir en vue.

Cette idée cessera bientôt d'étonner par sa grandeur, et de paraître même extravagante, si l'on considere que le territoire est couvert de plus de quarante mille lieues de courants d'eau coulant dans une infinité de directions, et ayant une pente constante et dans le même sens, depuis leurs sources jusqu'à la mer, soit par leur propre direction, soit par celle des rivieres ou fleuves dans lesquels ils se jettent. Voilà déja des lits de canaux tracés par la nature. Ils ne s'agit plus que de simplifier les moyens de les rendre navigables, et il suffira ensuite d'ouvrir une vingtaine de communications entre cette foule de canaux naturels, par des canaux artificiels creusés à main-d'hommes.

Ce plan général ne présente qu'une difficulté réelle d'exécution : c'est celle de se procurer par-tout le volume d'eau nécessaire pour la navigation dans le système que l'on suit actuellement. Pour parvenir à la lever, commençons par une remarque importante

dont quarante années de méditations m'ont confirmé la justesse : c'est que dans la pratique des arts utiles, ce sont souvent les idées les plus ingénieuses qui en retardent les progrès, par la séduction des combinaisons fines et délicates, auxquelles l'amour-propre se fixe parce qu'elles sont le résultat d'une conception forte, mais qui écartent du but, parce qu'elles rendent très-compliquées des opérations qui pourraient être très-simples. On en a déja vu un exemple frappant dans la premiere partie de cet ouvrage. Une foule de machines plus ingénieuses les unes que les autres ont été inventées pour opérer l'élévation de l'eau, et après plusieurs siecles de travaux infructueux, il a fallu en revenir, pour porter l'art à sa perfection, à cette idée si simple conçue par l'homme le plus grossier, l'élévation de l'eau dans un vase. Il en est de même de la construction des canaux navigables. Les ingénieurs les plus habiles, séduits par l'idée heureuse d'élever ou d'abaisser à volonté les bateaux en remplissant ou en vidant un *sas d'écluse*, ne se sont plus occupés que du soin de perfectionner cette belle invention, malgré trois inconvénients très-graves qu'elle entraîne : d'occasionner une très-grande dépense premiere de construc-

tion, de donner lieu à une dépense annuelle d'entretien très-considérable, et sur-tout d'exiger un volume d'eau énorme pour le service de la navigation; et ils ont entièrement perdu de vue des procédés mécaniques beaucoup plus simples, et plus propres à atteindre le but qu'ils se proposaient. Abandonnons donc cette idée, précisément parce qu'elle est très-ingénieuse; oublions entièrement tous les perfectionnements successifs qu'elle a reçus; reportons-nous à l'enfance de l'art; revenons tout bonnement au procédé *grossier* qui a dû être pratiqué dans les temps d'ignorance, le *hissage* des bateaux à force de bras; perfectionnons-le seulement par l'application des sains principes de la mécanique, et nous verrons avec quelle facilité la construction des canaux navigables sera portée à toute la perfection qu'elle peut atteindre.

Entrons à présent dans les détails.

PARAGRAPHE XXIV.

De la construction des bateaux.

XLVI. Le seul objet de la construction des canaux navigables est le transport des denrées au plus bas prix possible. Cette seule

réflexion suffit pour convaincre que le transport des denrées sur de très-grands bateaux, naviguant sur de très-grands canaux, n'est point, comme on paraît le croire, une considération dont il faille s'occuper en projetant leur construction. Si le transport de 1500 quintaux de denrées sur dix petits bateaux ne transportant chacun que 150 quintaux, est aussi économique que le transport des 1500 quintaux sur un seul bateau, il n'y a pas une seule raison pour préférer ce dernier mode de transport au premier, et il y en a deux décisives pour préférer au contraire le premier au second; 1° parce que la construction d'un très-petit canal propre à la navigation de très-petits bateaux est incomparablement moins chere que celle du grand canal sur lequel un grand bateau peut seul naviguer; 2° parce que 10 petits bateaux trouvant facilement leur chargement, peuvent partir à fur et mesure qu'ils sont chargés, tandis que le grand bateau perd un temps considérable à attendre son chargement complet, ou procure un moindre bénéfice s'il ne part que chargé en partie. En conséquence de ces réflexions, les bateaux, comme on va bientôt le voir, seront beaucoup plus petits que ceux qui servent actuellement à la navigation.

XLVII. L'ERREUR où l'on a été jusqu'à présent sur la prétendue nécessité de construire des bateaux d'un grand port, a entraîné une autre erreur très-grave, celle de faire des bateaux très-faibles afin qu'ils fussent plus légers, et de s'en tenir, du moins à très-peu-près, à la forme du parallelipipede rectangle, afin de ne rien perdre *en donnant des façons* à l'avant et à l'arriere. Comment n'a-t-on pas senti que la forme des bateaux influe tellement sur la résistance qu'ils éprouvent à se mouvoir, qu'elle peut décupler le prix du tirage en décuplant la force nécessaire pour l'opérer? et que la longue durée du bateau, résultant de la solidité de sa construction, est un des éléments du bas prix du transport, parce que s'il ne fait qu'un voyage, comme cela arrive souvent, le prix de la main-d'œuvre, et la perte sur la valeur des matériaux déja employés, doivent être ajoutés au prix du transport? Occupons-nous donc d'abord de la construction du bateau.

Tous les couples (c'est-à-dire, les sections verticales perpendiculaires à la longueur) des bateaux servant à la navigation que j'ai à proposer, sont rectangulaires. Toutes les hauteurs de ces couples sont prises dans le contour ABCDEF (*fig.* 6), et toutes les lar-

geurs, dans le contour *abcdef* (*fig.* 7). La longueur AF ou *be*, est de 42 pieds; la profondeur CG ou DH, est de 5 pieds; la largeur *ac* ou *fd*, comptée en dehors des bordages, est de 7 pieds. Les longueurs BI, KE, ou *he* et *bi*, de la proue et de la poupe, sont de 8 pieds. Les courbes BC, DE, *bc*, *ba*, *ed*, *ef*, sont des arcs de cercles tangentiels en C et en D, à la droite CD; en *c*, *d*, *a* *f*, aux droites *af*, *cd*. Enfin, la ligne BE marque l'enfoncement du bateau, et le tirant d'eau CI ou DK est de 2 pieds.

Le bateau est traversé en bas par trois essieux de fer de 3 pouces carrés de grosseur, terminés cylindriquement à leurs extrémités sur un diametre de 2 pouces, et une longueur de 3, non compris la saillie pour recevoir l'écrou. Chaque essieu porte extérieurement au bateau deux roues de bois massif, rendu imperméable par le procédé décrit à l'article XVI, ayant 15 pouces de diametre et 3 pouces d'épaisseur. Les roues sont garnies à leur circonférence d'un cercle de fer d'un demi-pouce d'épaisseur, de sorte que le diametre extérieur des roues est de 16 pouces, tandis que le diametre cylindrique de l'essieu est de 2 pouces.

La hauteur des essieux au-dessus du fond

du bateau est reglée de maniere que les deux roues du centre n'ont que 4 à 5 lignes de saillie au-dessous du fond extérieur du bateau, et les quatre roues extrêmes 8 à 10. On verra bientôt l'objet de cette disposition.

L'essieu central est placé au milieu du bateau. Les extrêmes en sont éloignés chacun de 10 pieds.

Le calcul apprend que le déplacement de ce bateau est de 482 pieds cubes, et par conséquent son poids total de 33740 livres.

Pour procurer à ce bateau la grande solidité dont nous avons besoin, afin qu'il puisse résister à l'effort de rupture qu'il éprouvera chaque fois qu'il sera sur la crête des plans inclinés, je donnerai 3 pouces d'épaisseur à tout le bordage qui sera en sapin. Il cubera alors 170 pieds cubes, lesquels, à 40 livres le pied cube, peseront 6800 livres. La membrure en chêne ayant 2 pouces carrés de grosseur, et étant espacée d'un pied, pesera, en y comprenant les *barrots* ou poutrelles, environ 1500 livres. Le poids total des essieux et des roues, est d'environ 700 livres. Ajoutons-y 740 livres pour le poids des conducteurs, de leurs effets, et des cordages, il en résulte que le poids total est de 9740 livres. Ainsi le déplacement du bateau étant de 33740,

son port effectif en denrées ou marchandises est de 24 milliers.

Il résulte des expériences que j'ai faites sur la résistance des fluides, et dont je rends compte dans mon dernier ouvrage (*Vues nouvelles sur les courants d'eau, la navigation intérieure, et la marine*), qu'à raison de son extrême aiguité dans le sens vertical, de son aiguité dans le sens horizontal, et sur-tout parce qu'il n'y a aucune vive arrête dans le contour de la proue et de la poupe, mon bateau n'éprouvera sur une eau dormante qu'une résistance égale tout au plus au neuvieme de la résistance qu'éprouverait la base de la colonne d'eau refoulée, si elle était choquée perpendiculairement par le fluide. La superficie de cette base est de 14 pieds. Ainsi la résistance est celle perpendiculaire d'une surface plane de $1\frac{5}{9}$ pied carré. Comme le bateau sera mu avec une vîtesse de 3 pieds par seconde (1800 toises à l'heure) et que la résistance d'une surface plane d'un pied carré avec un pied de vîtesse par seconde, est de $1\frac{435}{1000}$ livre, la résistance du bateau est égale à $1\frac{5}{9} \times (1{,}437) \times 9 = (20{,}118)$ livres.

Cette résistance doit être augmentée de celle qu'occasionnent les roues extérieures et leur appareil. Mais comme la forme circu-

laire réduit la résistance à moitié; que la projection verticale de chacune n'est que d'un tiers de pied cube, réduit à un sixieme, par la forme circulaire, et qu'enfin la partie extérieure des essieux ne souffre qu'une résistance presque nulle, on ne doit pas estimer à plus de 30 livres l'effort nécessaire pour tirer le bateau.

Or, un homme ordinaire tirant à la cordelle, et ayant la faculté d'incliner son corps, est capable d'un effort de 40 livres en travaillant 8 heures sur 24, et d'un effort de 60 liv. en ne travaillant que 4 heures. On doit donc regarder une femme du peuple bien constituée, comme capable de l'effort de 30 livres seulement dont nous avons besoin ici, en ne l'employant chaque jour que pendant 4 heures au tirage du bateau. Je propose en conséquence de confier la conduite et le tirage du bateau à trois femmes dont une seulement sera toujours employée au tirage, tandis que les deux autres seront à bord du bateau pour le diriger. Chacune d'elles n'aura donc pendant 12 heures que 4 heures de tirage, et le chemin que parcourra le bateau pendant ces 12 heures, sera, à raison de 1800 toises à l'heure, de 21600 toises.

Au surplus, si l'expérience (ce que je suis

loin de croire) apprenait que la force d'une femme est insuffisante, on en emploierait deux au tirage, une seule suffisant à bord pour la direction. La durée du travail sera alors de 8 heures, mais l'effort réduit à 15 livres pour chaque femme, est bien inférieur à celui dont elle est capable pendant cette durée de temps.

PARAGRAPHE XXV.

De la construction des glissoirs.

VLVIII. J'APPELLE *glissoir*, un double plan incliné, dont la crête est au niveau des eaux du biez supérieur, et qui a par conséquent une double pente, l'une du côté du biez supérieur, l'autre du côté du biez inférieur.

Je fixe à 10 pieds la différence moyenne de niveau entre les biez supérieur et inférieur, et au dixieme la pente de chaque plan incliné. La pente du glissoir du côté du biez supérieur étant entièrement submergée, et les bateaux ne tirant que 2 pieds d'eau, il suffira que la longueur du glissoir dans le biez supérieur soit de 20 pieds, sauf à lui donner ensuite une chûte verticale proportionnée à la profondeur d'eau du biez en cette partie.

Quant aux dimensions du plan incliné du côté du biez inférieur, comme il y a d'abord 10 pieds de chûte, il faudra une premiere longueur de 100 pieds, à quoi on ajoutera 20 pieds pour l'immersion du plan incliné dans l'eau du biez inférieur, sauf encore ce qui restera à ajouter de chûte verticale.

Le glissoir aura donc en tout 140 pieds de longueur dont 20 pieds du côté du biez supérieur, et 120 pieds du côté du biez inférieur. Sa hauteur verticale totale dépendra des deux profondeurs d'eau des biez supérieur et inférieur à la crête du glissoir.

Le glissoir sera un massif de maçonnerie à chaux et à ciment. Sa largeur sera de 12 pieds. Les roues des bateaux porteront sur 2 files de madriers de sapin, rendues imperméables, (*art.* XVI) ayant 6 pouces carré, et encastrées dans la maçonnerie du glissoir. Ces madriers seront recouverts d'une barre de fer de 3 pouc. de largeur, et d'un demi-pouce d'épaisseur.

Les glissoirs pourront être multipliés suivant que l'activité de la navigation l'exigera. En leur donnant 24 pieds de largeur, ils pourront donner passage à 2 bateaux à-la-fois sur 4 files de madriers; à 36 pieds de largeur, et 6 files de madriers, ils donneront passage à 3 bateaux, et ainsi de suite.

Comme les canaux à glissoirs n'ont besoin que du volume d'eau nécessaire pour réparer les pertes de l'évaporation, ce qui est bien peu de chose, les eaux pluviales suffisant presqu'à cet effet, on voit qu'en faisant servir les glissoirs de batardeaux pour retenir les eaux des biez supérieurs, la nappe qui s'écoulera par-dessus leur crête aura une trop faible épaisseur pour occasionner par sa force aucune dégradation. Au surplus cette crête sera formée par un madrier anguleux qu'on pourra renouveler si cela est nécessaire.

Voyons à présent comment se fera le *hissage* des bateaux.

XLIX. Comme il faut que le passage des bateaux puisse être aussi fréquent qu'il est possible, il convient de n'employer qu'une puissance motrice, constante et uniforme, et dont l'application toujours prompte et immédiate, ne donne lieu à aucune perte de temps pendant les intervalles des passages. C'est pourquoi il convient de n'employer pour puissance motrice, que la force d'un cheval. Je ne donnerai point ici le détail du mécanisme dont il sera le plus à propos de se servir, il suffira à mon objet de calculer l'effet à attendre de l'action de l'agent. L'exécution est ensuite une chose très-simple, et dont le

mécanicien le plus ordinaire peut régler tous les détails.

Occupons-nous d'abord du hissage du biez inférieur au biez supérieur.

Le bateau, à partir du commencement du tirage, a à-peu-près 113 pieds à parcourir pour que son milieu se trouvant dans la verticale de la crête, il fasse la bascule qui doit déterminer sa descente dans le biez supérieur.

La force de tirage est nulle au premier instant du tirage, et elle n'atteint son *maximum* que lorsque le bateau est entièrement hors de l'eau, de sorte qu'il y aurait une déduction à faire sur la longueur du chemin parcouru. Supposons néanmoins pour mettre tout au désavantage de notre calcul, que l'effort est constamment égal au *maximum* pendant les 113 pieds de chemin à parcourir.

Le bateau en pleine charge pese 33740 livres. Le plan étant incliné au dixieme, la puissance n'a que 3350 livres à tirer, et elle a de plus à vaincre le frottement résultant d'une pression de 30390 livres.

Le frottement d'une si grande masse ne doit pas être estimé à plus du dixieme, car une barque de 15 tonneaux part toute seule sur une cale ayant une pente un peu moin-

dre. Le frottement absolu n'est donc que de 3039 livres. Mais ce frottement est diminué par les roues dans le rapport de 8 à 1. Il n'est donc que de 380 livres. L'effort total que la puissance a à vaincre est donc de 3350 + 380 = 3730 livres.

L'effort d'un cheval agissant avec 3 pieds de vîtesse par seconde, est de 250 livres. Déduisons-en le quart pour tenir lieu des résistances étrangeres. Il reste 187 $\frac{1}{2}$. Il faut donc que les bras de levier soient reglés de maniere que la vîtesse du cheval soit à la vîtesse du bateau, comme 3730 est à 187 $\frac{1}{2}$. Donc la vîtesse du bateau est de (0,15) pied par seconde. Donc il emploiera 753 $\frac{1}{3}$ secondes ou 12 $\frac{1}{2}$ minutes à parcourir le plan incliné.

Voilà pour le passage du biez inférieur au biez supérieur. Mais il emploiera le cinquieme tout au plus de ce temps pour le passage du biez supérieur au biez inférieur; donc la durée moyenne du passage est de 7 minutes et demie; donc enfin, puisque la durée journaliere du travail d'un cheval est de 8 heures, un cheval peut passer 64 bateaux par jour.

Comme la durée journaliere de la navigation est de 12 heures, et que celle du travail du cheval n'est que de 8, on voit qu'il

reste 4 heures à répartir entre les 64 passages, pour le temps des dispositions à faire pour effectuer chaque passage. C'est à-peu-près 4 minutes, et ce temps est plus que suffisant.

C'est ici le moment de rappeller l'usage des roues centrales du bateau qui sont élevées de quelques lignes de plus que les roues extrêmes. Le voici. Tant que les deux roues de l'avant n'ont point dépassé la crête du glissoir, le bateau ne porte que sur les quatre roues extrêmes, et les deux roues centrales sont en l'air. Mais aussitôt que les deux roues de l'avant ont dépassé la crête du glissoir, le bateau s'incline un peu du côté de l'avant jusqu'à ce que les deux roues de l'avant étant en l'air, le bateau porte sur les deux roues centrales et les deux roues de l'arriere. Enfin lorsque les deux roues centrales ont aussi dépassé la crête du glissoir, le bateau fait la bascule entiere, et porte sur les deux roues de l'avant et les deux roues centrales, jusqu'à ce que les deux roues de l'arriere depassant à leur tour la crête, le bateau se souleve un peu de l'arriere pour ne plus porter, comme au commencement, que sur les quatre roues extrêmes.

PARAGRAPHE XXVI.

Rapport du prix de transport dans le système de notre navigation, au prix du transport par terre.

L. Supposons un canal latéral à la Loire, construit d'après les procédés que nous expliquerons ci-après, depuis la source de la Loire jusqu'à Nantes, lequel comprendrait une longueur totale de 350 mille toises.

On sait que la pente depuis Rouanne jusqu'à Nantes est de 780 pieds. Celle de Rouanne à la source de la Loire peut être estimée de 320 pieds. Ainsi la pente totale du canal serait de 1100 pieds sur une longueur de 350 mille toises, et serait par conséquent d'un pied par 318 toises.

Comme la pente de la Loire est presque triple de celle de la Seine, en prenant cette pente comme un terme moyen de la pente de tous les canaux construits par mes procédés, on peut être sûr que les calculs que je vais établir seront plutôt désavantageux que favorables à mon système.

Il y aurait donc, à raison de 10 pieds de chûte à chaque glissoir, 110 glissoirs sur le canal que je suppose ici, exigeant pour le

service habituel de la navigation 110 chevaux, et 220 hommes de manœuvre. Faisons à présent une hypothese qui sera loin, sans doute, d'être exacte, mais qui étant égale pour les deux modes de transport, donnera le rapport précis que nous cherchons.

Supposons donc que tous les bateaux dont nous allons fixer le nombre partent toujours complétement chargés, en naviguant continuellement de la tête du canal à Nantes, et de Nantes à la tête du canal, sans autre interruption que celle de six jours à chaque arrivée pour compléter le chargement et le déchargement, trois femmes étant employées comme nous l'avons dit plus haut, à la manœuvre du bateau qui parcourt 21600 toises par jour, en 12 heures de marche.

Chaque bateau emploiera 16 jours à parcourir le canal, à quoi ajoutant 6 jours pour le temps du chargement et du déchargement; on voit que la durée de chaque voyage est de 22 jours. Chaque bateau fera donc 16 voyages dans l'année, dont 8 dans un sens et 8 dans un autre, et portera seize fois 24 milliers ou 3840 quintaux. Or, puisque chaque glissoir peut donner passage à 32 bateaux par jour en remontant le canal depuis Nantes, et que tous les vingt-deuxieme jours le même

bateau repassera aux mêmes glissoirs, on voit encore que le nombre total des bateaux qui peuvent naviguer tous à-la-fois sur le canal est égal à $32 \times 22 = 704$. Donc le canal peut servir au transport de sept cents quatre fois 3840 quintaux, c'est-à-dire, de 2703360 quintaux.

Si le passage sur le canal est entièrement gratuit, les frais de transports se borneront au paiement de 220 hommes, et de 110 chevaux employés aux glissoirs, et de 2112 femmes employées à la manœuvre des bateaux.

Le calcul apprend qu'il faudrait 15000 chevaux, 3750 charretiers, et 3750 charrettes pour effectuer à la même distance la même masse de transport, sur des routes de terre supposées belles, en assignant 13 à 14 quintaux pour le port d'un cheval, et fixant à 13 ou 14 mille toises sa journée de marche, y compris les séjours. Or, si l'on suppose que les hommes employés aux glissoirs soient payés sur le pied de 30 sols par jour, les femmes employées au service des bateaux, sur le pied de 20 sols par jour, les charretiers employés au roulage de terre, et les chevaux dans les deux modes de transport, sur le pied de 3 francs, on trouve que notre transport

par eau est 21 à 22 fois meilleur marché que le transport par terre.

Le prix du transport par la nouvelle navigation que je propose, est donc 4 ou 5 fois meilleur marché que le prix du transport par la navigation actuelle, et il atteint le taux que j'ai démontré avec tant de détail dans l'article 41, être absolument nécessaire pour que la circulation des denrées territoriales se fasse dans toute l'étendue de l'Empire à la distance moyenne de 100 lieues. Mais remarquons bien qu'on cesse d'obtenir un prix aussi bas, si le passage des bateaux à tous les glissoirs et dans toutes les parties du canal, n'est pas gratuit comme le passage des rouliers sur les grands chemins. Or, pour que le passage puisse être gratuit, et exempt de toute espece de péage quelconque, il faut que la construction du canal n'occasionne qu'une dépense premiere assez faible, pour être supportée, ou par le gouvernement, ou par les propriétaires riverains. C'est aussi le résultat qu'on peut attendre de la simplicité de mes procédés. En effet, les dépenses énormes pour l'établissement d'un point de partage sont supprimées. La dépense de construction d'un glissoir ne doit pas s'élever à la cinquieme ou sixieme partie de la dépense de construction

d'une écluse, et le glissoir, étant une fois solidement établi, son entretien annuel doit être à-peu-près nul, tandis qu'il y a tous les ans de très-grandes réparations à faire aux écluses, lesquelles exigent une interruption de navigation de cinq ou six semaines qui est très-préjudiciable au commerce et à l'agriculture. Enfin, comme toutes les directions des canaux dans mon système, ainsi qu'on le verra bientôt plus en détail, sont établies sur des lignes de pentes naturelles qui sont les lits mêmes des différents courants d'eau, le creusement du lit du canal doit être incomparablement moins cher que celui du lit d'un canal ordinaire, soit parce qu'il suffit d'un simple barrage, lorsque le lit du courant étant resserré, et le volume d'eau peu considérable, on ne craint point une inondation; soit parce que dans le cas où le barrage ne peut avoir lieu, il suffira presque toujours de la construction d'une digue d'un seul côté du courant, le relevement du terrain dans une direction perpendiculaire au lit du courant dispensant, et d'un creusement complet, et d'une seconde digue, de l'autre côté.

LI. Le canal que j'ai choisi pour exemple peut servir, comme on l'a vu, au transport de près de trois millions de quintaux. On peut

trouver, d'après tout ce qui a été exposé à l'article 41, que ce transport serait insuffisant si la totalité des transports se faisait de cette maniere à un prix vingt fois moindre que le transport par terre. Or, rien n'est plus facile que de l'étendre à volonté, sans augmenter, d'une maniere sensible, la dépense premiere de construction. Il suffit à cet effet de multiplier les glissoirs à chaque séparation des biez.

LII. Le nouveau mode de navigation que je propose produit, à l'égard de l'économie politique, un avantage trop précieux pour qu'il ne soit pas nécessaire de lui donner ici quelques développements.

La population actuelle de l'empire français doit être estimée à trente millions d'individus, parmi lesquels on doit compter quatre à 5 millions de femmes de la classe du peuple, en état de travailler, et qui manquent entièrement de moyens de subsistance, ou n'obtiennent qu'un salaire extrêmement modique et très-précaire, parce que la presque totalité des professions est exercée par les hommes. C'est donc contribuer essentiellement à la félicité publique que de créer une nouvelle profession dans l'exercice de laquelle une classe si précieuse de la société trouvera des moyens abondants de subsistance.

On pourrait objecter que le maintien de l'ordre social exige que le nombre des professions à exercer par les femmes soit très-circonscrit, afin de ne pas trop les détourner de leur premier devoir, comme meres de famille, celui de pourvoir à la nourriture et à l'éducation de leurs enfants. Je réponds à cela que la nouvelle profession créée pour elles ne les en détourne nullement, parce que rien ne les empêche d'avoir avec elles, et de transporter sur les bateaux auxquels elles sont attachées, leurs enfants en bas âge, et que même, s'ils sont un peu grands, sans cependant avoir atteint l'âge de l'apprentissage d'une profession, ils peuvent les aider dans leurs travaux. Mais il ne faut pas perdre de vue ici combien, dans toutes les institutions politiques, l'abus est voisin du bien, et avec quelle facilité le peuple, oubliant la détresse dont on le tire, devient exigeant dans l'exercice des nouvelles professions créées pour lui.

Le quart à peine des femmes du peuple trouve actuellement l'occasion de gagner le faible salaire de 10 à 12 sols par jour, et même ce salaire doit être réduit au taux moyen de 3 ou 4 sols tout au plus, parce qu'il ne s'obtient qu'à de longs intervalles. Le gouverne-

ment, s'il adopte le nouveau mode de navigation que je propose, se verra donc comblé de bénédictions, en procurant à un si grand nombre de femmes vouées aujourd'hui à la misere, un salaire fixe et constant de 20 sols par jour. Mais il y aurait un grand danger à leur laisser la liberté d'exiger un salaire plus élevé, si la navigation nouvelle, acquérant promptement une grande activité, produisait l'effet nécessaire d'une forte concurrence qui n'est gênée par aucune entrave ; car c'est sur la fixation de ce salaire à 20 sols que reposent tous les avantages de mon nouveau système de navigation, et on serait exposé à les voir s'évanouir, si on souffrait que le salaire pût s'élever arbitrairement. La puissante considération du bien public commande donc impérieusement ici l'intervention du gouvernement pour maintenir le salaire fixe de 20 sols, en vertu d'un réglement invariable sur le tirage des bateaux par les femmes.

LIII. J'ai insisté fortement, dans les longues discussions de l'article 41, sur la nécessité de construire *le plus promptement possible*, non pas quelques centaines, mais *plusieurs milliers de lieues* de canaux navigables. Ce n'est, je le répete encore, que lorsque la masse immense de toutes nos denrées territoriales

pourra circuler librement dans toute l'étendue de l'empire, à une distance moyenne de cent lieues, et à un prix de transport extrêmement bas, que notre agriculture parviendra à tout le degré de perfection qu'elle peut atteindre, et que l'augmentation des richesses qui en résultera doublera peut-être la population et l'aisance générale. Si, quoique très-sommaires, les principes de construction que j'ai exposés ont été bien compris, on sentira déja, du moins d'une maniere vague, la possibilité d'exécuter *promptement* cette multitude SI NÉCESSAIRE de canaux, en rendant navigable cette quantité infinie de courants d'eau dont le territoire est couvert, et dont le développement de la longueur totale est de 20 à 30 mille lieues. Finissons donc cet ouvrage par le développement des moyens propres à y parvenir.

Il n'y a point de fleuves en France dont la pente totale, depuis leur source jusqu'à la mer, soit de plus de 1200 pieds. Il ne faudrait donc pas plus de 120 glissoirs à aucuns des canaux latéraux destinés à remplacer la navigation naturelle des fleuves, en fixant à 10 pieds l'élévation des biez les uns au-dessus des autres.

En construisant ainsi des canaux latéraux

à côté de chacun des fleuves qui arrosent le territoire de l'empire, ces canaux étant plus larges et plus spacieux que les autres, formeraient les arteres du grand système de navigation que je propose, et il ne resterait plus qu'à établir entre eux des communications pour ouvrir la libre circulation des denrées entre tous les différents cantons du territoire. Eclaircissons ceci, d'abord par quelques développements, et ensuite par un exemple.

Quoique la superficie du sol d'un vaste territoire, tel que celui de l'empire français, paraisse extrêmement inégale, elle suit cependant, dans ses inégalités mêmes, des lois constantes et uniformes dont on peut tirer de très-grands avantages pour établir un système régulier de navigation. Il n'y a point en effet de petits courants d'eau qui ne puissent fournir une pente uniforme et toujours dans le même sens, depuis leur source jusqu'à la mer, en suivant, soit leurs propres cours, soit celui des rivieres et des fleuves où ils affluent. Or on va voir le parti qu'on peut tirer, pour la construction des canaux navigables, de cette foule innombrable de pentes uniformes disséminées sur un vaste territoire. Pour fixer les idées, établissons

nos raisonnements sur un grand cours d'eau, la Loire.

On voit que, depuis sa source jusqu'à Sémur, elle court du sud au nord parallèlement à-peu-près au Rhône et à la Saône qui coulent dans la direction opposée du nord au sud.

On voit encore, en suivant la rive droite de la Loire, par la direction des ruisseaux qu'elle reçoit, que le terrain remonte constamment de l'est à l'ouest sur une longueur moyenne de cinq à six lieues. D'autres ruisseaux qui tombent dans le Rhône et la Saône prouvent ensuite que le terrain, après s'être constamment relevé en partant de la rive droite de la Loire, baisse ensuite aussi constamment jusqu'à la rive droite de ces deux rivieres. Il résulte de là qu'il y a, sur toute la superficie du terrain qui sépare la Loire du Rhône, une *crête* élevée, parallele à-peu-près aux lits des deux fleuves, et à partir de laquelle le terrain forme deux pentes générales, l'une du côté de la Loire, l'autre du côté du Rhône.

Si on continue de suivre la rive droite de la Loire, on la verra recevoir de plus grands ruisseaux, des rivieres même; mais leurs cours indiqueront toujours le relévement du terrain

sur une certaine longueur, et ensuite d'autres ruisseaux ou rivieres, coulant dans une direction opposée pour aller verser leurs eaux d'un autre côté, montreront la continuation de cette *crête* qui a commencé à la source même de la Loire; qui ne sera plus intermédiaire entre la Loire d'une part, le Rhône et la Saône de l'autre, mais qui le deviendra ensuite entre la Loire et la Seine pendant un grand espace; et entre la Loire et d'autres fleuves, tels que l'Orne et la Villaine, de maniere que la *crête* ne finira qu'à la mer. Ainsi l'espace qui sépare immédiatement deux fleuves voisins est toujours un *dos d'âne* dont l'*arrête* a une direction moyenne entre celle des deux fleuves, et est constamment plus élevée que leurs lits; et ce *dos d'âne*, à partir de son arrête, forme toujours une double pente, une du côté de chaque fleuve.

Cette structure de la superficie du sol a constamment lieu pour tous les courants d'eau, les plus petits comme les plus grands. Ainsi toutes les *rivieres* qui se jetent dans un fleuve étant prises deux à deux, sont séparées par des *dos d'âne*. Il en est de même des *ruisseaux* qui se jetent dans les rivieres, également pris deux à deux, et même des *ruisselets* qui se jetent dans les ruisseaux.

Il résulte de cette existence constante d'un *dos d'âne* entre deux courants d'eau voisins, des conséquences nécessaires qu'il est important de développer.

1° L'élévation des *dos d'âne* est d'autant plus grande que les courants d'eau qu'ils séparent sont plus considérables. Ainsi ceux qui séparent les fleuves sont plus élevés que ceux qui séparent les rivieres qui affluent à ces fleuves; et ceux qui séparent les rivieres sont plus élevés que ceux qui séparent les ruisseaux affluant à ces rivieres. J'appelle *dos d'âne principaux* ceux qui séparent les fleuves; *dos d'âne secondaires* ceux qui séparent les rivieres; et *petits dos d'âne*, ceux qui séparent les ruisseaux.

2° Il est évident, par la nature des choses, qu'en général la direction des *dos d'âne secondaires* est perpendiculaire à celle des *dos d'âne principaux* dont ils dérivent; et celle des *petits dos d'âne* étant de même perpendiculaire à celle de leurs *dos d'âne secondaires* respectifs, reprennent du parallélisme avec les *dos d'âne principaux*.

3° L'arête des *dos d'âne principaux* s'abaisse à mesure que les fleuves auxquels ils appartiennent s'approchent de la mer; l'arête des *dos d'âne secondaires* s'abaisse à mesure que

les rivieres auxquelles ils appartiennent s'approchent des fleuves où elles affluent; l'arête des *petits dos d'âne* s'abaisse à mesure que les ruisseaux auxquels ils appartiennent s'approchent des rivieres où ils affluent.

4° Enfin tout courant d'eau quelconque coule toujours dans un vallon dont, à un petit nombre d'exceptions près, tous les points les plus bas sont toujours dans le lit même du courant d'eau.

Il résulte de ces quatre conséquences qu'en adoptant nos principes de construction des canaux navigables, on peut toujours en construire un, d'une maniere simple et peu dispendieuse, depuis la source de tel ruisseau que ce soit, jusqu'à la mer, et, comme le territoire est couvert d'une multitude presque infinie de ruisseaux, on voit déja que le nombre des canaux navigables peut égaler et surpasser même celui des routes de terre. Il ne restera plus, en adoptant ce système, qu'à trouver des moyens également simples et économiques d'établir les communications qui seront nécessaires entre ces différents canaux, afin de donner à la circulation des denrées territoriales, cette activité que nous avons vu être si nécessaire pour porter l'agriculture à tout le degré de perfection qu'elle

peut atteindre. Je vais d'abord indiquer les moyens de construire les canaux généraux, en suivant la pente naturelle des courants d'eau. Je parlérai ensuite de la construction des canaux de communication.

LIV. Le valon dans lequel coule un ruisseau n'étant le plus souvent, pendant une longue partie de son cours, qu'un ravin, le procédé, pour le convertir en canal navigable, est très-simple. Il consiste à barrer le lit du ruisseau par une digue, au milieu de laquelle est pratiqué le *glissoir.*

Un fleuve, la Loire, par exemple, n'est souvent à sa source qu'un simple ruisseau, et ce premier procédé lui est en conséquence applicable dans ce cas.

Ce procédé peut être suivi, tant qu'il n'en résulte pas pour la largeur du canal une plus grande largeur moyenne que celle d'environ 200 toises, entre les largeurs extrêmes de 10 et de 400 toises.

On ne doit pas craindre une perte pour l'agriculture de la quantité de terrain mis sous l'eau par ce procédé, parce que,

1° Les courants d'eau près leurs sources sont sujets à des débordements dans le temps des grandes pluies, qui permettent rarement de mettre leurs rives en bon état de culture;

sur quoi j'observerai que les barrages empêcheront la dégradation des terrains par l'éboulement des terres qu'occasionne l'impétuosité d'un courant qui prend un accroissement subit.

2° Les biez formés par des barrages, en recevant une largeur moyenne de 200 toises, deviendront des étangs qui seront empoissonnés, et fourniront au peuple une nourriture saine et abondante qui le dédommagera avec avantage de la perte des denrées que ne produiront plus des terrains enlevés à la culture.

3° Enfin je suppose que le systême de navigation que je propose étant mis à exécution, il y ait dans l'immensité des canaux construits à ma maniere, mille lieues de biez formés par des barrages ayant une largeur moyenne de 200 toises. Ce sera en comptant les lieues à 2000 toises, et l'arpent à 900 toises carrés, environ 450 mille arpents enlevés à la culture. Or, cette superficie n'est pas la deux centieme partie de la superficie totale de terrain qui est en culture. Ainsi, considerée déja sous ce point de vue, la perte pour l'agriculture est à-peu-près nulle. Mais ce n'est pas tout. Nos mille lieues de canaux *à barrages*, contribuant à la circulation de 50 millions au

moins de quintaux de denrées territoriales, doubleront peut-être le produit des 4 millions d'arpents employés, dans l'état actuel des choses, à la production de ces 50 millions de quintaux de denrées territoriales. Nos mille lieues de canaux *à barrages* produiraient donc le même effet que si elles créaient une nouvelle culture de 4 millions d'arpents. Ainsi, l'on voit que n'enlevant à la culture que 450 mille arpents, elles lui rendent 9 ou 10 fois plus qu'elles ne lui enlevent.

Un calcul si simple prouve qu'en se renfermant dans les limites de largeur que j'ai prescrites, il serait très-avantageux que la totalité des courants d'eau dont le territoire est couvert, fût convertie en autant de canaux *barrés;* bien loin qu'il en résultât une perte pour l'agriculture, cette forme de construction lui serait au contraire d'autant plus avantageuse que le bas prix auquel elle s'effectuerait, assurerait une dépense assez modique pour être supportée d'une maniere presqu'insensible par les propriétaires riverains, de sorte qu'on acquerrait la pleine certitude de n'avoir besoin d'établir aucun péage, et que la circulation des denrées pourrait s'établir d'une extrémité de l'Empire à l'autre.

J'observerai encore que le peuple des

campagnes en France est extrêmement mal nourri, et que la grande quantité de poisson que fournirait cette multitude d'étangs artificiels, formerait à cette nourriture un supplément d'autant plus précieux, qu'il est reconnu que ce genre de nourriture est très-favorable à la population. Voilà pourquoi les îles sont en général plus peuplées que la terre ferme, comme les bords des rivieres très-poissonneuses le sont plus que les autres lieux du continent. La population de la France serait presque double, si elle était proportionnellement la même que celle de l'île de Rhé.

S'il se trouve dans les ravins que l'on pourra convertir en canaux par des barrages, des bourgs ou petites villes que le barrage exposerait à l'inondation, on pourra les en garantir par une digue environnante, communiquant à la terre ferme par un bout de digue transversale, interrompue par quelques arches pour donner passage à l'eau et aux bateaux.

LV. Lorsque le barrage deviendra impraticable par la trop grande largeur du valon, ou par la crainte d'une inondation, il faudra alors en venir à la construction d'un *canal latéral*, en renonçant lors même qu'elle est praticable, à la navigation dans le lit du cou-

rant, à raison de la foule d'inconvénients qu'elle entraîne, dont les principaux sont, les variations continuelles dans la direction de leurs lits, la difficulté d'établir un bon chemin de hallage, et l'augmentation de résistance occasionnée par la rapidité du courant.

Ce canal latéral sera pratiqué sur un des devers de droite ou de gauche, et on en relevera le niveau, à partir de son origine, de maniere que dans tout le reste de sa direction, il se trouve toujours assez élevé au-dessus des plus hautes eaux du courant naturel qu'il remplace pour être à l'abri de ses inondations.

L'élévation des biez les uns au-dessus des autres, sera réglée dans les limites de 10 à 20 pieds, suivant les convenances locales.

Les *glissoirs* qui sépareront les biez seront simples, doubles, ou triples, suivant que les canaux, recevant un plus ou moins grand nombre d'autres canaux, donneront ouverture à une navigation plus ou moins active.

Les *dos d'âne secondaires* qui couvrent les devers d'un fleuve sur lequel devers doit être construit un canal latéral, ne sont point un obstacle à la conduite de la ligne de pente de ce canal latéral, parce que, comme nous l'avons observé, ces *dos d'âne secondaires*

s'abaissant à mesure qu'ils approchent du fleuve, on peut toujours par des circuits, conserver dans la direction du canal, une pente égale à celle du fleuve. Il en est de même à l'égard des *petits dos d'âne*, pour les canaux latéraux remplaçant les rivieres.

Le traversement des rivieres affluant au fleuve n'est point non plus un obstacle à la direction du canal latéral, parce que l'on a deux partis à suivre à cet égard : ou de faire réfluer les eaux de la riviere à la hauteur des eaux du biez où se fait l'intersection par un bâtardeau construit sur la riviere, et placé au-dessous du canal, ou de faire passer le canal sur un *pont aqueduc*.

Le premier moyen suppose qu'il s'agit d'une riviere, dont le lit ne sert point à la navigation. Si donc ce lit a été rendu navigable, on suivra le même procédé, excepté que le bâtardeau deviendra alors un glissoir.

Les deux procédés que je propose ici, ou de rendre navigables les lits meme des courants, en faisant refluer leurs eaux par des barrages au milieu desquels seront construits les glissoirs, ou d'abandonner les lits des courants pour les remplacer par des canaux latéraux, sont si simples, et d'une exécution si facile dans tous les cas, que pour peu qu'on

les juge de bonne foi et sans prévention, on se convaincra, j'en suis sûr, qu'il n'y a pas un seul courant du territoire qui ne puisse être converti en canal navigable, et comme le nombre des courants est, pour ainsi dire; infini, il ne reste plus qu'à indiquer des moyens *aussi simples* pour établir quinze ou vingt communications tout au plus qui suffiront pour lier ensemble cette multitude de canaux dont on peut ainsi couvrir le territoire, et réaliser ce systême d'une navigation générale en vertu de laquelle la libre circulation de toutes les denrées sera assurée d'une extrémité de l'Empire à l'autre. Expliquons donc les moyens de construire *à peu de frais, et par-tout où cela sera nécessaire*, les canaux de communication.

LVI. Fixons encore ici les idées par un exemple, et prenons à cet effet celui dont nous nous sommes déja servis.

Supposons que la Loire, le Rhône et la Saône, aient des canaux latéraux placés sur leurs rives droites, et que l'on veuille construire un canal de communication entre le canal latéral de la Loire, et le canal latéral de la Saône.

On voit sur la carte une petite riviere qui se jette à Feurs dans la Loire, et de l'autre

côté, une autre petite riviere appellée *Tardine*, qui se jette dans la Saône à Trévoux. L'intervalle direct entre ces deux rivieres est de 12 à 15 mille toises. La crête du *dos d'âne principal* qui sépare la Loire de la Saône est entre les deux sources des deux petites rivieres. On voit donc qu'on doit nécessairement trouver un *point de partage* entre Feurs et Trévoux, à partir duquel il y a pente d'un côté jusqu'à la Loire, et pente de l'autre côté jusqu'à la Saône.

Comme la substitution des glissoirs aux écluses dispense de toute dépense d'eau pour le passage des bateaux ; que si le canal de communication dont il s'agit était construit, il n'aurait besoin d'autre volume d'eau, pour rester plein, que celui nécessaire pour réparer les pertes de l'évaporation ; et qu'enfin une source produisant 60 pouces d'eau (28800 pieds cubes en 24 heures) suffirait pour remplir cet objet ; il est évident que si l'on trouvait au point de partage la source médiocre en état de fournir le faible volume d'eau dont on a besoin, la construction du canal de communication ne souffrirait aucune difficulté. Supposons à présent que non-seulement cette source n'existe pas, mais qu'on n'en trouve même aucune entre Feurs

et Trévoux; voici ce qu'il y a à faire pour construire malgré cela le canal de communication. Construisez les biez et les glissoirs comme si vous aviez, au point de partage, le volume d'eau nécessaire. Le canal étant construit, vous porterez au point de partage les 60 pouces d'eau dont vous avez besoin, en les puisant dans la Saône, et en les élevant successivement de biez en biez jusqu'au point de partage par des Ducrétiennes à vent, lesquelles n'ayant à élever qu'un faible volume d'eau, à de petites hauteurs, seront d'une grandeur très-médiocre, et ne coûteront pas à établir plus de 4 mille francs chacune.

Je doute que le point de partage soit à plus de 200 pieds au-dessus de la Saône prise à Trévoux. Mais quand il serait élevé de 600 pieds, il ne faudrait que 60 Ducrétiennes qui ne coûteraient toutes ensemble à établir que 240 mille francs. Or, cette dépense est bien peu de chose auprès de celle qu'il faudrait faire pour alimenter le point de partage d'un semblable canal construit par les procédés ordinaires. Celle de même nature pour le canal du Midi s'est élevée, sous Louis XIV, à 5 millions, et ne s'éleverait pas aujourd'hui à moins de 10.

On voit par cet exemple combien la cons-

truction des canaux de communication à travers les terres, est facile et peu dispendieuse dans le nouveau système de navigation que je propose.

En rendant tous les cours d'eau navigables, quinze ou vingt canaux de communication suffiraient, comme je l'ai dit, pour assurer la libre circulation des denrées territoriales de tel point de l'Empire que ce soit, à sa frontiere la plus éloignée.

LVII. J'ai déja beaucoup insisté, et j'insiste encore sur la nécessité que la navigation soit entièrement gratuite sur mes canaux, comme elle l'est sur les routes de terre. Or, on ne peut y parvenir, et procéder en même temps d'une maniere très-active à la construction de la multitude des canaux à laquelle mes procédés donnent lieu, qu'autant qu'on trouvera par-tout des moyens locaux de fournir aux dépenses. Le plus naturel de tous ces moyens est de mettre la dépense des canaux à la charge des propriétaires riverains. Mais il faut, pour éviter de justes réclamations à cet égard, se bien assurer si les propriétaires riverains trouveront dans l'augmentation de leurs revenus une assez forte compensation à la dépense exigée d'eux, pour être certain qu'ils ne se plaindront pas. Eta-

blissons donc un aperçu de calcul à cet égard.

En fixant à 6 mille toises la distance de chaque rive d'un canal à laquelle les propriétaires riverains seront tenus de contribuer, on trouve que pour la construction d'un canal latéral à la Loire, depuis sa source jusqu'à Nantes, il y aurait un peu plus de 2 millions d'arpents qui contribueraient.

Le canal (*art.* 50) à 110 glissoirs, exigeant pour le service de la navigation 110 chevaux qui coûteraient pour nourriture, entretien et renouvellement 110 mille francs au plus, et 220 hommes qui, à 500 francs chacun, coûteraient autant. Ce serait donc déja une premiere dépense annuelle de 220 mille fr.

L'entretien annuel des glissoirs serait bien peu de chose. Je l'estime à 50 mille francs.

Reste à estimer l'entretien annuel du lit même du canal. Cette dépense dans l'état actuel des choses n'est considérable que dans le cas où le canal s'obstruant par les plantes aquatiques qui y croissent, on est obligé de mettre le canal à sec pour arracher toutes ces plantes. C'est ce qui a lieu par exemple à l'égard du canal du Midi. Mais je ferai sur ce sujet une observation importante à laquelle a donné lieu l'examen des principaux canaux d'Angleterre et de Hollande que j'ai parcou-

rus. C'est que les canaux ne sont obstrués par les plantes aquatiques que lorsque leur navigation est languissante, et que ce danger n'est jamais à craindre lorsque la navigation est très-active, parce qu'alors les compressions fréquentes sur le fond du canal, produites par le mouvement du grand nombre de bateaux qui y naviguent, étouffent les plantes à leur naissance. Si cet inconvénient se fait sentir sur le canal du Midi, c'est une confirmation de ce que j'ai déja avancé plus haut que la navigation sur ce canal est bien loin d'être aussi active qu'elle devrait l'être.

Je ne crois donc pas que la totalité des dépenses annuelles du canal de la Loire, dépassât la somme de 500 mille francs. Voilà donc la premiere dépense qu'il faudrait compter à la charge des propriétaires riverains, pour que la navigation fût entierement gratuite.

A cette dépense annuelle il faut ajouter l'intérêt sur le pied de sept pour cent de la somme totale nécessaire pour la construction premiere du canal. On verra bientôt la raison pour laquelle je fixe un intérêt si élevé. Ici je manque de *données* précises pour établir un calcul approximatif d'une certaine justesse. Je ne pense pas cependant que le creusement du lit du canal puisse donner lieu à un dé-

blai moyen de plus de 20 toises cubes par toise courante, lesquelles estimées à 3 francs la toise cube, produisent une somme de 60 fr. par toise courante, et une dépense totale de 24 millions pour les 400 mille toises du canal latéral à la Loire. Les 110 *glissoirs*, et à-peu-près autant de *ponts aqueducs* pourront coûter, à raison de 10 mille francs chacun, 2 millions 200 mille francs. Je crois donc que ce canal ne coûterait pas 30 millions, dont l'intérêt à sept pour cent, est de 2 millions 100 mille francs. Ajoutant à cette somme la dépense annuelle de 500 mille francs, on trouve qu'il y aurait à imposer une taxe annuelle totale de 2 millions 600 mille francs. Faisons supporter, comme cela est juste, le tiers de cette imposition à toutes les maisons situées à une distance de 6 mille toises du canal. Il reste en compte rond une taxe annuelle de 18 cent mille francs à imposer sur 2 millions d'arpents. C'est à raison de 18 sols par arpent. Comptons 20 sols, à cause des frais d'administration que je n'ai pas compris dans mon calcul. La question se borne à présent à savoir si l'augmentation annuelle du revenu de chaque arpent, résultant du bas prix du transport que procure le canal, est assez considérable pour que le propriétaire se

soumette volontairement au paiement d'une taxe perpétuelle de 20 sols par arpent. Or, c'est ce dont il me paraît impossible de douter si l'on relit avec attention tout ce que j'ai dit à l'article 41 sur l'amélioration que doit procurer à l'agriculture le transport des denrées territoriales à très-bas prix, et à de grandes distances. Je suis persuadé que l'augmentation moyenne du revenu de chaque arpent sera neuf ou dix fois plus considérable que l'imposition. Je manque, je le repete, de *données* nécessaires pour démontrer cette assertion. Mais en attendant que des opérations graphiques que le gouvernement peut seul effectuer, la confirment, je crois que tous les gens éclairés sur cette matiere seront de mon avis.

LVIII. Voici à présent pourquoi j'ai fixé à sept pour cent l'intérêt de la somme de 30 millions que j'estime nécessaire pour effectuer la pleine construction du canal latéral de la Loire, depuis sa source jusqu'à Nantes.

Si la somme de 30 millions était répartie en masse sur tous les propriétaires, la majeure partie d'entre eux serait trop pauvre pour payer en une seule fois sa cote-part. D'un autre côté l'avance est trop considérable pour que le gouvernement puisse la faire, parce

que s'il la faisait, il ne pourrait s'exécuter à-la-fois qu'un très-petit nombre de canaux, et la grande amélioration de l'agriculture que peut seule procurer leur multitude, n'aurait point lieu. Il convient donc que chaque opération se fasse par la voie d'un emprunt, parce que, lorsqu'il sera bien constaté que l'augmentation du revenu territorial est dix fois supérieure à l'intérêt annuel de l'emprunt, un grand nombre de canaux pourront se construire à-la-fois, et le nouveau système de navigation pourra acquérir rapidement le degré d'extension auquel la félicité publique est si intimement liée.

Je vais donc proposer des conditions assez avantageuses pour les prêteurs, pour qu'un grand nombre d'emprunts se remplissant à-la-fois, on puisse procéder en même temps à la construction d'un grand nombre de canaux. Voici d'abord ces conditions. Je répondrai ensuite à la principale objection à laquelle elles peuvent donner lieu.

L'emprunt de 30 millions sera composé de 3 mille actions chacune de la valeur de *dix mille francs*.

Chaque action produira une rente perpétuelle de 500 francs, sur le pied de cinq pour cent d'intérêt.

Il sera tiré entre les trois mille actionnaires une loterie composée de 498 lots gagnants, savoir :

1 lot de 50,000 liv. de rente perpétuelle, ci.	50,000
1 lot de 25,000.	25,000
2 lots de 15,000.	30,000
4 lots de 10,000.	40,000
10 lots de 5,000.	50,000
15 lots de 4,000.	60,000
20 lots de 3,000.	60,000
25 lots de 2,000.	50,000
50 lots de 1,000.	50,000
370 lots de 500.	185,000
Total 498 lots produisant une rente perpétuelle de	600,000

Il résulte de cette forme d'emprunt que la chance la plus défavorable est une constitution perpétuelle à cinq pour cent; que sur 6 actions il y en a une gagnante; que celle qui gagne le moins produit un intérêt perpétuel à dix pour cent, et procure par conséquent un bénéfice de cent pour cent; et qu'enfin l'intérêt annuel peut s'élever à 50 mille francs, d'où résulte un bénéfice d'un million. Et comme toutes ces constitutions perpétuelles seront fondées sur un privilége

territorial, qui ne peut laisser subsister aucune crainte sur l'exactitude des paiements, on ne peut douter qu'un semblable emprunt ne soit promptement rempli.

La seule objection qu'on puisse me faire est relative au haut intérêt que j'assigne. Voici ma réponse. Un gouvernement qui ouvrirait un semblable emprunt par forme d'anticipation sur ses revenus, ferait sans doute une opération ruineuse, et s'exposerait même à manquer son but, en portant un coup mortel au crédit dont il aurait besoin. Mais le cas dont il est ici question est bien différent. Il s'agit de trouver *sûrement et promptement* un capital de 30 millions, *pour créer un revenu territorial de* 20 *millions au moins* par l'augmentation du revenu annuel de 2 millions d'arpents. Or, on ne doit pas regarder comme un sacrifice le paiement de deux pour cent au-dessus de l'intérêt légal, si ce paiement assure le recouvrement de la somme de 30 millions dont on a besoin, puisque la rente perpétuelle qui résultera de cet excédent d'intérêt sera trente fois plus faible que l'augmentation annuelle du revenu territorial que produira l'emploi des 30 millions.

Comme cependant toute imposition nouvelle, dans le cas même où elle est établie

pour l'avantage des imposés, leur paraît toujours onéreuse avant la jouissance des avantages qu'elle doit procurer, je crois qu'il conviendrait que les actions de l'emprunt fussent payables en quatre années, à raison de 2500 francs par chaque année, et que le gouvernement se chargeât du paiement des intérêts pendant ces quatre années, lesquelles suffiraient pour la complette exécution du canal. Ce serait une somme totale de 5 millions 250 mille francs que le gouvernement aurait à payer pendant le cours des quatre années. Mais il retirerait l'intérêt sur le pied de vingt ou trente pour cent, par le produit de l'imposition fonciere sur l'augmentation du revenu territorial; et les propriétaires ne commençant à payer l'imposition que dans le courant de la cinquieme année, entreraient à cette époque en jouissance de l'augmentation de leur revenu, de sorte que loin de s'en plaindre, ils s'applaudiraient au contraire du paiement d'une taxe, à laquelle ils devraient une augmentation décuple de revenu.

LIX. La méthode que je propose ici de construire chaque canal par la voie d'un emprunt, produirait un très-grand avantage politique, dont il me paraît essentiel de dire un mot.

La sagesse de notre gouvernement actuel s'interdit la faculté des emprunts pour faire face à ses dépenses extraordinaires, de sorte que le montant de la dette publique est limité à une somme peu considérable. Une grande masse de ce qu'on appelle *fonds publics* est cependant une institution très-utile dans un aussi grand empire que le nôtre, tant pour donner aux richesses cette grande mobilité, si nécessaire à leur circulation, que pour procurer, par le placement de leurs économies, à tous les citoyens laborieux, le moyen de s'assurer une vieillesse heureuse, et à tous les grands propriétaires, en faveur desquels les majorats seront institués, la faculté de constituer des rentes perpétuelles à leurs enfants puinés. Or, on atteindra efficacement ces différents buts par la méthode des emprunts que je propose. S'il arrive en effet que mon nouveau système de navigation atteigne rapidement le degré d'extension qu'il est susceptible de recevoir, il existera une masse de plus de cent millions de rentes perpétuelles, toutes fondées sur une base inébranlable, le revenu territorial de l'empire, et dont les négociations journalieres procureront par le placement des économies, avec une sûreté qu'on ne trouve dans aucun autre gouvernement,

et aux citoyens laborieux, la juste récompense de leur travail, et aux grands propriétaires, bons peres de famille, l'heureux correctif d'une loi très-sage, sans doute, mais sévere.

PARAGRAPHE XXVII.

Résumé sur les canaux navigables.

LX. Je n'ai pu indiquer dans cet ouvrage que les bases de la nouvelle construction de canaux navigables que je propose. On sentira sans doute qu'il ne me serait possible de la développer avec tous les détails propres à en démontrer les avantages, que par des opérations graphiques qu'il n'appartient qu'au gouvernement de pouvoir faire exécuter. Je dois donc m'attendre à une foule d'objections auxquelles une explication si imparfaite, et un exposé si rapide ne peuvent manquer de donner lieu. Comment se flatter que des idées si nouvelles ne seront pas vivement combattues? Ce que je dois particulièrement craindre, c'est l'opposition des gens de l'art à l'adoption d'un système de navigation si différent de celui qui a été l'objet constant de leurs études pendant toute leur vie. Ils tireront sûrement parti de l'impossibilité où je

me trouve de développer actuellement mes moyens d'exécution pour les combattre avec quelque apparence de succès. Mais j'en appelle avec confiance à l'impartialité de toutes les personnes qui ayant acquis des connaissances sur cette matiere, n'ont aucun intérêt personnel à repousser la vérité. Elles seront frappées, j'ose le dire, de la solidité des principes généraux que j'établis, et conviendront avec moi,

1° Que les canaux peuvent être multipliés à l'infini en déterminant leur direction sur la pente constante qui existe depuis telle source que ce soit, dans l'intérieur des terres, jusqu'à la mer, quelqu'éloignée qu'elle en soit;

2° Que la dépense des déblais et des remblais sera considérablement moindre, en dirigeant les canaux sur les devers des *dos d'âne* entre lesquels coulent toujours les fleuves, les rivieres, et les ruisseaux.

3° Qu'il résultera encore une économie prodigieuse de la substitution des *glissoirs* aux écluses;

4° Que la réduction *à la trentieme ou quarantieme partie* du volume d'eau actuellement nécessaire pour alimenter un canal, procure la faculté de les multiplier à l'infini, comme

je viens de le dire, en suivant dans leurs directions cette multitude de pentes uniformes qui résulte de la multitude des courants d'eau ;

5° Que cette prodigieuse diminution du volume d'eau nécessaire à la navigation leve le plus grand obstacle à l'exécution des canaux, et réduit singulièrement la dépense premiere de leur construction, en dispensant de l'établissement d'un réservoir nourricier au point de partage, parce qu'on peut élever successivement de biez en biez, par de médiocres Ducrétiennes à vent, le faible volume d'eau dont on se trouve avoir besoin ;

6° Qu'il n'y a plus en conséquence de canal de communication dont l'exécution ne soit aussi facile que peu dispendieuse.

7° Qu'il devient même aisé de construire des canaux *à travers terres* sans s'astreindre à des lignes de pente uniformes, du moins lorsque les contrepentes n'ont pas une trop grande hauteur, ainsi que cela a lieu en Flandres, et dans d'autres pays plats, parce qu'on peut franchir ces contrepentes par des *branches ascendantes* de canaux dans lesquelles des Ducrétiennes à vent, élevent l'eau de biez en biez, depuis le biez le plus bas, jusqu'au biez le plus élevé ;

8° Et qu'enfin (dussai-je répéter ce grand résultat jusqu'à satiété) la combinaison de tous ces procédés procure la faculté de multiplier par-tout les canaux au point d'en rendre le nombre supérieur à celui de toutes les routes de terre, en y comprenant même les chemins de traverse.

Remarquons en outre deux avantages précieux dont je n'ai point parlé, que procure le nouveau système de navigation que je propose; le premier, est de laisser à tous les courants d'eau la faculté de servir presqu'en entier de puissances motrices à la manufacturation; et le second, de procurer par-tout à l'agriculture d'abondantes irrigations, en les dérivant de canaux qui, étant latéraux aux fleuves et rivieres, et dirigés à mi-côte, auront l'élévation nécessaire à cet effet.

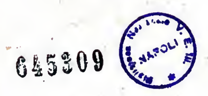
LXI. Les procédés actuels de construction des canaux navigables sont si dispendieux, et le volume d'eau nécessaire à leur navigation est si considérable, qu'il y a une impossibilité absolue, en s'en tenant à ces procédés, de donner à la navigation intérieure cette active circulation dans tous les sens qui peut seule porter l'agriculture au degré de perfection qu'elle peut atteindre. Combien donc le système de navigation que je propose

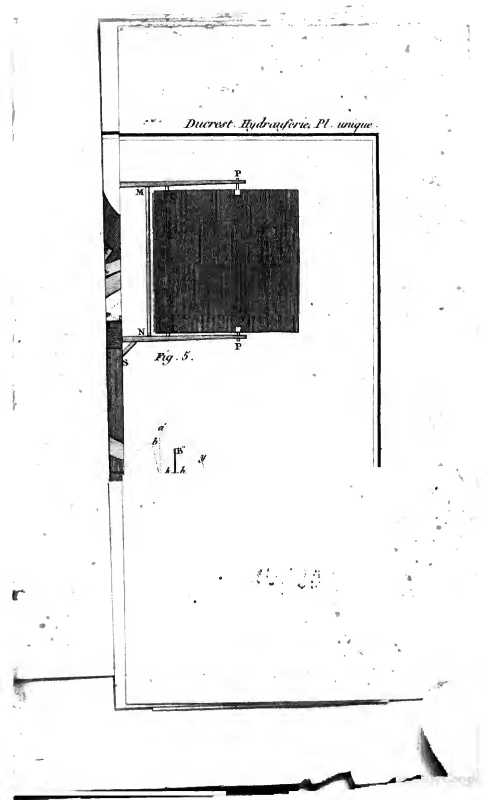
ne mérite-t-il pas de fixer l'attention du gouvernement? Les inégalités du terrain et le manque d'eau n'étant plus un obstacle à la multiplicité des canaux, et les moyens d'exécution n'étant peut-être pas plus dispendieux que ceux des grandes routes de terre, non-seulement rien n'empêche de substituer partout le transport par eau au roulage, mais ce transport pouvant être également gratuit, à raison de la grande économie dans la dépense premiere de construction, il me paraît hors de doute qu'il peut s'effectuer à un prix vingt fois plus bas que celui du transport par terre, et dès lors il suffit de relire et méditer l'article 41 pour se convaincre que la masse des denrées territoriales peut être doublée dans une courte période de temps. Quel intérêt un système si favorable à la félicité publique ne doit-il pas inspirer? Encore une fois, je m'attends bien qu'il sera vivement combattu, et que j'aurai peut-être du désavantage dans la discussion, tant que je ne pourrai pas l'appuyer sur des bases plus solides que celles qu'il m'a été possible d'établir dans cet ouvrage. Mais si la connaissance en parvient à l'Empereur, je ne doute pas que, jetant sur une partie si importante de l'administration ce coup-d'œil rapide du génie aussi propre à

juger les matières des sciences que celle de la guerre et de la politique, il ne me fournisse, en me mettant à même de faire des opérations graphiques aussi étendues et aussi précises qu'il convient qu'elles le soient, les moyens de répondre victorieusement à toutes les objections vagues et indéterminées qu'on peut me faire actuellement. Combien mon système n'est-il pas propre à concourir à l'exécution des grandes vues de bien public qui sont l'objet constant de sa pensée? Ce n'est pas seulement la France, c'est l'Europe, c'est le continent entier qui peut en profiter. Ce mode de navigation pouvant s'étendre à l'Allemagne, la Pologne, la Hongrie, l'Italie, l'Espagne, toutes les denrées territoriales de tant de pays divers peuvent circuler des bords de la Seine aux bords de la Vistule, des côtes de la mer Baltique aux colonnes d'Hercule. Combien n'est-il pas propre à vivifier le vaste empire de Russie, et à le tirer de l'isolement funeste où le placent aujourd'hui les deserts de ses provinces? Ne peut-il pas même un jour lui ouvrir le chemin des riches contrées de l'Asie, par des communications toujours sûres de la mer Baltique à la mer Caspienne, et de la mer Caspienne aux côtes du Bengale?..... Je m'arrête..... je sens que de si

grands résultats d'un projet encore dans son enfance peuvent être regardés comme le délire d'une imagination ardente...... O vous, à qui les plus vastes projets ne paraissent pas toujours gigantesques, parce que vous savez que les causes les plus faibles sont souvent capables de produire les effets les plus puissants, puissiez-vous dérober une heure à vos hautes occupations pour parcourir cet ouvrage !.....

FIN.




P
M
C
N
C
P
S
Fig. 5.
a
h
B
y
h
h




BIBLIOTECA